

縮退期における公営住宅再編計画策定を支援する
数理的効率化手法の開発

稲田浩也

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	3
1.2	既往研究及び公営住宅に関する諸制度と本研究の位置づけ	5
1.3	研究の目的と方法	6
1.4	本論の構成	8
第2章	研究対象となる公営住宅の概要	11
2.1	公営住宅の概要	13
2.2	公営住宅の再編計画	19
2.3	研究対象の公営住宅	23
2.4	小結	28
第3章	任意の自治体全域を対象とした再編優先度の推定	31
3.1	本章の目的	33
3.2	分析対象の住宅団地とそのデータ	36
3.3	ロジスティック回帰分析による再編計画特徴分析	37
3.4	主成分分析を用いたデータの縮約と特徴把握	42
3.5	クラスタ分析を用いた再編優先順位の付与手法の検討	45
3.6	中小規模自治体での応用可能性検証	53
3.7	小結	59
第4章	任意の住宅団地を対象とした再編計画対象住棟の選定	63
4.1	本章の目的	65
4.2	分析対象の住宅団地とそのデータ	69
4.3	単一の住宅団地を対象とした提案プログラムの概要	72
4.4	単一の住宅団地を対象とした提案プログラムの実行結果	78
4.5	複数の住宅団地を対象とした提案プログラムの概要	83
4.6	複数の住宅団地を対象とした提案プログラムの実行結果	90
4.7	小結	94
第5章	結論	97

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

1.1.1 公営住宅の現状と課題

わが国では、憲法第 25 条(生存権の保障)の趣旨に則り、住宅セーフティネットの一つとして公営住宅が整備されている⁽¹⁾。公営住宅とは、公営住宅法に基づき、国と地方自治体が協力して、住宅に困窮する低額所得者に対し、低廉な家賃で供給されるものである⁽¹⁾。Fig. 1-1より、この公営住宅は、平成 27 年時点で全国に約 217 万戸が存在し、そのうち築後 30 年以上経過したストックは約 131 万戸と全体の約 6 割を占めている⁽²⁾。公営住宅法施行令より、公営住宅の耐用年限は、耐火構造で 75 年、準耐火構造で 45 年、木造で 30 年と定義されている。また、公営住宅建替事業の実施要件のひとつに「耐用年限の 2 分の 1 を経過していること」としていることから、耐火構造であれば 35 年がひとつの更新時期となると考えられ、老朽化による更新の必要性が高まっている。老朽化が進行することで、建物の安全性や住環境の質が低下し、住民の生活に大きな影響を及ぼす可能性がある。特に耐震性能や設備の老朽化は、災害時に大きなリスクとなる。

さらに、令和 2 年の国勢調査では平成 27 年を基準として、総人口が約 95 万人減少し、2060 年には 2010 年比で約 4132 万人減少すると推計されています⁽²⁾。人口減少に伴い、住宅需要も減少し、空き住戸が増加する一方で、利便性の良い公営住宅では高い入居率が維持されている。人口減少の影響は、地方部で特に顕著であり、空き家や空き施設の増加が課題となっている。また、平成 25 年度の空家率は約 14%に達しており⁽³⁾、この問題に対する対策が求められている。人口減少と空き住戸の増加は、自治体の財政にも影響を与え、歳入の低下により行政サービスの質の低下が懸念される。

そのため、老朽化し空き住戸が増加する公営住宅では、行政負担の軽減や住民の安全確保を目的として戸数削減を伴う再編が必要となっている。こうした再編計画では、入居者の同意が必要であり、行政が提示する計画には十分な根拠と説明責任が求められる。

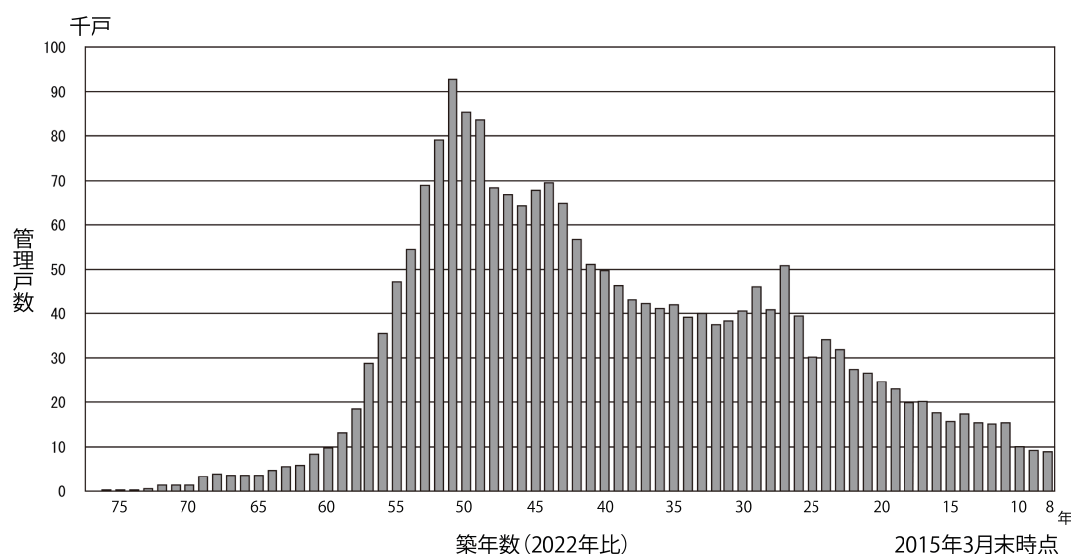


Fig. 1-1 全国の公営住宅築年数別管理戸数(2015年3月末時点) (国土交通省作成資料より筆者作成)

1.1.2 効果的な再編計画策定支援プログラムの必要性

公営住宅の再編計画においては、国土交通省が策定した「公営住宅等長寿命化計画策定指針」が活用されている⁽⁴⁾。この指針は、公営住宅の長寿命化を図るための基本的な方針と具体的な手法を示している。しかし、戸数削減を伴う再編計画では、入居者の同意が必要であり、強制的な移転はできないため、再編計画には根拠を示す必要があり、客観性を持たせることが求められる。再編計画の策定は各自治体に委ねられており、自治体担当者の経験や手作業に依存している現状では、本来時間を費やすべき部分に十分な時間が掛けられず、十分な根拠や説明が難しい場合がある。このため、住民や議会からの理解を得るために多大な時間を要し、合意形成が難航することが考えられる。

また、公営住宅の再編計画は、複数の公営住宅や住棟で入居者の転居が可能かどうか自治体内でシミュレーションを行いつつ、財政的な合理性と入居者への説得力を兼ね備える公営住宅・住棟の組合せを決定する方法が一般的である。こうした組合せの探索は、求める解の数が指数関数の単位で急激に大きくなる「組合せ爆発」と呼ばれる離散最適化問題として捉えられる。そのため、最適な再編候補の組合せを人力で有限時間内に発見することは現実的に不可能である。

組合せ爆発は様々な数理的な方法により高速化が可能であり、このような再編候補の組合せの探索についても、そうした数理的な技術を応用することで解を人力で検討できるまで削減できると考えられる。数理的な方法は問題が大規模化する際により高速化が期待でき、コンピュータそのものの高速化よりも劇的な効果が期待できる。現在の再編候補となる住宅団地・住棟の探索は自治体担当者の経験と勘に頼る部分が多いが、そうした属人的な決定手法は持続的ではない。

こうした中で、再編計画に客観的な根拠を与え、効果的な策定支援手法を開発することで、量から質的な転換期にある公営住宅の持続的な活用を目指す必要がある。具体的には、複数の公営住宅や住棟で入居者の転居が可能かどうかをシミュレーションし、最適な再編候補の組合せを探索する数理的な手法が求められている。数理的な方法は、問題が大規模化する際により高速化が期待でき、コンピュータの高速化以上の効果が期待される。こうした数理的な手法は、計画策定の効率化だけでなく、計画の客観性と透明性を高めるためにも重要である。

1.2 既往研究及び公営住宅に関する諸制度と本研究の位置づけ

1.2.1 公営住宅に関する既往研究

公営住宅の再編計画に関する既往研究は、各地域における再編事例のケーススタディが中心となっている。佐々木ら⁽⁵⁾は宇部市営住宅を対象に団地特性の類型化を行い、類型ごとの再編計画課題を整理したが、再編対象住棟やその手法の選定には構造上の老朽化に留まることを指摘している。また、小山ら⁽⁶⁾は空き住戸に着目し、住戸面積や負担家賃額の観点から廃止・削減に伴う世帯の算出を試みたが、香川県営住宅を対象としており、その管理戸数は今回対象とする神戸市営住宅の約10分の1に過ぎず、大都市への適用を中心として、汎用的な手法とするためにはさらなる検討が必要であるがある。瀬戸口ら⁽⁷⁾の研究も夕張市営住宅を対象とし、戸数削減を伴う再編を提案しているが、その再編計画をさらに効率的に行う研究は進んでおらず、その方策が模索されている段階である。

1.2.2 公営住宅に関する諸制度

現行制度としては、国土交通省策定の公営住宅長寿命化計画⁽⁴⁾が指針とされているが、再編の際に検討する項目の選別や重み付けが各自治体に委ねられている点に課題がある。築年数や入居者属性の重み付けを自治体の担当者が個人的判断で行うことは難しく、担当者が数年おきに異動するため、十分な情報の引き継ぎが難しい。さらに、同じ再編計画案を何度も検討するため、一部の再編計画案しか検討できないという問題がある。

1.2.3 筆者らのこれまでの提案

これらの課題を解決するために、著者らは神戸市営住宅を対象に、自治体の再編計画を数理的に支援するプログラムを提案した⁽⁸⁾。このプログラムは、主成分分析と非階層クラスタ分析により、再編優先度の高い住棟の分析を行い、任意の住宅団地において、入居者の仮転居が可能な廃止住棟の組合せを抽出するアルゴリズムからなる。しかし、総当たりアルゴリズムの計算量が多く、大規模な住宅団地や複数の住宅団地が関わる再編計画では実行が難しい点が課題として残る。

1.2.4 本研究の位置づけ

本研究では、先行研究では技術的な議論が少なかった、複数の自治体を包括的に対象とし、各自治体で共通して所有する入居者データから、数理的な手法を用いて効率的に指標を作成して、どの自治体でも実行可能な再編計画の策定支援に資する手法を開発する。

本研究の意義は、各地域の再編事例に留まらず、数理的解析技術を行政の現場で実践的に活用する点にあり、汎用的かつ大規模に適用できる公営住宅再編計画の策定支援手法を開発することで、公営住宅の再編計画における課題解決に寄与するものである。

1.3 研究の目的と方法

1.3.1 研究の方法

本研究の目的は、地方自治体の住宅行政で行われる公営住宅の再編事業の策定を支援する簡易で実証的な手法を実現する事である。この目的を達成するために、公営住宅再編事業における時間と労力がかかる業務を効率化する手法を提案する。この手法により、再編計画の策定に要する時間を削減し、重要な議論や意思決定に十分な時間を確保できるようにする。提案手法を「公営住宅再編計画策定支援プログラム」と定義し、包括的な研究を通じて、その実現を目指す。

また、提案手法は、最終的に実際の住宅行政の現場で活用されることを目標としている。そのため、現場で使用される情報端末の処理能力でも動作する、軽量で簡便なプログラムの開発を目指す。

これらの目標を通じて、限られたリソースの中で効率的かつ効果的な再編計画の策定を支援し、自治体の公営住宅再編事業における意思決定を支援する。

1.3.2 研究の方法

これらの課題を解決するために、Fig.1-2に示す以下の2つの新たな手法を提案する。

まず、任意の自治体の公営住宅全体を対象とした分析を行う。ここでは、どの公営住宅から戸数削減を伴う再編に取り組むべきかの優先順位を導く手法を開発する。計画策定段階など、これから自治体が再編すべき住宅団地の当たりをつけていく際に有効であると考ええる。

具体的には、住棟ごとの入居者データに基づく公営住宅再編計画の策定支援手法として、多次元の主成分分析とクラスター数を限定しない変分混合ガウス分布クラスタリング(VBGMM)を用いる。筆者はまず、二次元の主成分分析とk-means法を用いたクラスター分析により、公営住宅の再編優先度を推定する手法を開発した。この手法は視覚的に解釈が容易であるため、自治体内での使用も目指せる。一方、さらなる信頼性の向上を目指し、簡便性に拘ること無く、信頼性の高い推定方法を追求する必要がある。そこで、より幅広いデータを扱えるよう、負荷量が1以上の因子を主成分とし次元数を制限しない主成分分析と、クラスター数を仮定しない非階層型クラスター分析である変分混合ガウス分布クラスタリング(VBGMM)を行う。これにより幅広いデータを扱い、かつ自治体ごとに異なる特徴があるデータセットから意味のある知見を引き出すことが可能であることを明らかにする。

次に、任意の公営住宅を対象とした分析を行う。ここでは、建替えるべき住棟の組合せを探索するアルゴリズムを開発住棟同士の隣接関係を無向グラフに見立て、グラフ理論を用いたアルゴリズムで大規模な探索を可能にする。すでに、再編対象となる住宅団地の候補が具体的に上がっている場合に、その事業の円滑な策定に資すると考える。

筆者はまず、再編候補となる住棟の全ての組み合わせにおいて、必要な建替えコスト・削減可能な住棟数及び戸数で自動的に順位付けする総当たりのアルゴリズムを開発した。そして、住棟同士のつながりを、節点を辺でつないだネットワークである無向グラフに見立て、グラフ探索アルゴリズムの一種である再帰関数を用いた深さ優先探索を行う手法の開発を目指す。これにより、住棟同士の隣接関係や接道の有無を条件に加えることができ、より現実的な組合せを導出できるようになると同時に、総当たりアルゴリズムよりも計算量を大幅に削減した探索を行えることを明らかにする。

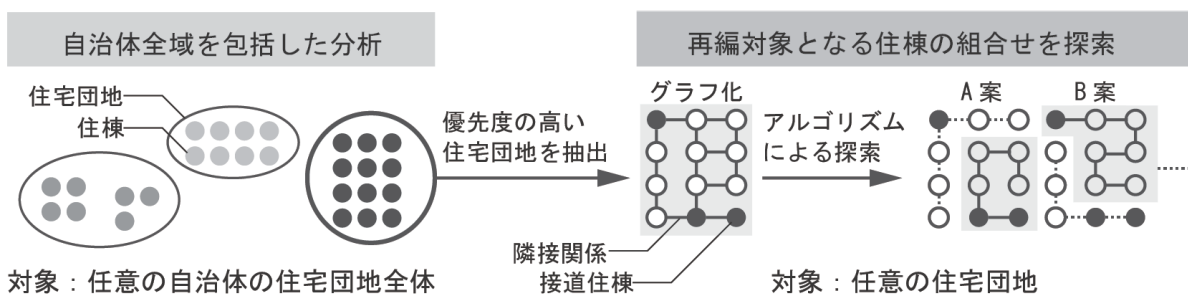


Fig.1-2 再編計画策定支援プログラムの提案フロー

1.4 本論の構成

本論の流れを Fig. 1-3 に示す。

第 1 章では、日本の人口減少と公営住宅の老朽化の現状を概観して、既往研究の調査を行うことで、公営住宅の再編計画における新たな視点と数理的手法の導入の必要性を提示する。

第 2 章では、公営住宅の再編計画の制度や主要課題を概観し、再編計画における評価基準の問題点を明らかにする。

第 3 章では、主成分分析とクラスター分析を用いて、公営住宅の分類と再編計画の評価を行い、統計的に信頼性の高い分類軸を導出し、再編事業の優先順位を提案する。

第 4 章では、グラフ探索アルゴリズムを用いて、再編対象住棟の組合せを効率的に抽出し、計算量を削減しつつ、財政的側面と実効性を考慮した再編事業のシミュレーションを実証する。

5 章は結論として、本研究の成果を総括し、数理的アプローチの有効性を評価する。

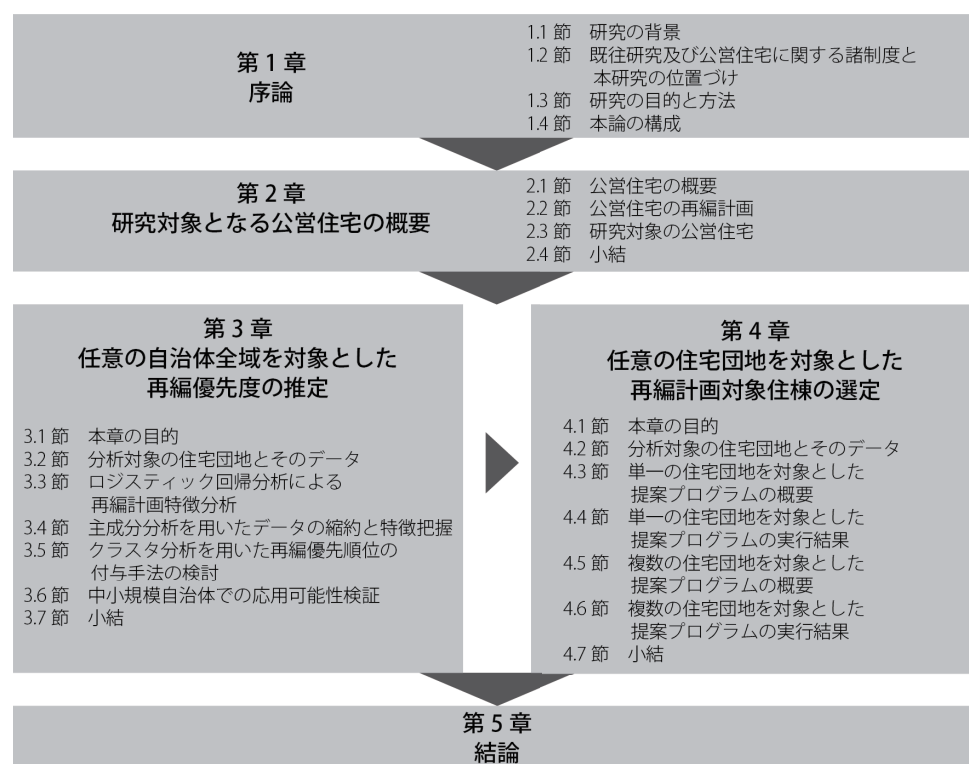


Fig. 1-3 本論の構成

- 1) 国土交通省住宅局：公営住宅制度について，<http://https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12201000-Shakaiengokyokushougaihoven-fukushibu-Kikakuka/0000196081.pdf>, 2018
- 2) 国土交通省住宅局：住宅セーフティネットを巡る現状と課題，<http://www.mlit.go.jp/common/001107437.pdf>, 2016
- 3) 国土交通省住宅局：公営住宅等長寿命化計画策定指針，<http://www.mlit.go.jp/common/001042520.pdf>, 2016
- 4) 総務省統計局：平成 25 年住宅・土地統計調査 特別集計，<https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/pdf/tokubetu2.pdf>, 2013
- 5) 佐々木俊寿，野々部優実，高須賀よしえ，中園真人：公営住宅ストック総合活用計画に関する基礎的研究—宇都部市営住宅を事例として—その 1⁴，日本建築学会中国支部研究報告集，第 25 巻，pp. 921-936，2002
- 6) 小山雄資，吉田彦彦：転居の可能性からみた廃止・削減を伴う公営住宅の再編課題—香川県営住宅の再編計画を事例として—，日本建築学会学術講演梗概集，pp. 1437-1440，2007
- 7) 瀬戸口剛，松村博文，長谷川雅浩，福井純一：夕張に安心して住み続けられるための市営住宅の再編」提案：夕張コンパクトシティに向けた市街地再編，日本建築学会北海道支部研究報告集，pp. 349-352，2009
- 8) 稲田浩也，三浦研：住棟ごとの入居者データに基づく大都市公営住宅再編計画の検討—近隣への転居容易性と建替えコストを踏まえて—，日本建築学会計画系論文集，第 85 巻，第 786 号，pp. 2043-2051，2021

第2章

研究対象となる公営住宅の概要

2.1 公営住宅の概要

2.1.1 日本における住宅政策の興り

18世紀後半に産業革命が勃発したイギリスでは、都市化・工業化に伴う大量の人口移動に伴い、住宅不足が問題として議論されるようになる。また2度の世界大戦により大量の住宅滅失が起こったことに住宅不足がより取り上げられるようになった。商品としての性格を持つ住宅は、大量の需要に供給が対応できず、そのたびごとに深刻な量的住宅不足を引き起こした。

日本の産業革命は、明治政府による官営事業からスタートし、日清戦争の賠償金流入、日露戦争の軍需生産などに後押しされ、急激に進行していく。合わせて大都市圏へ急速に人口が集中していった。(Tab.2-1 参考文献⁽¹⁾より稲田作成)

同様に、工場と住宅のスプロール現象も進行する。例えば、大阪圏では大阪府下の職工10以上の工場数は、1915年の2046から1919年の2969と1.5倍に伸びている。この間、大阪及び大阪市周辺部の人

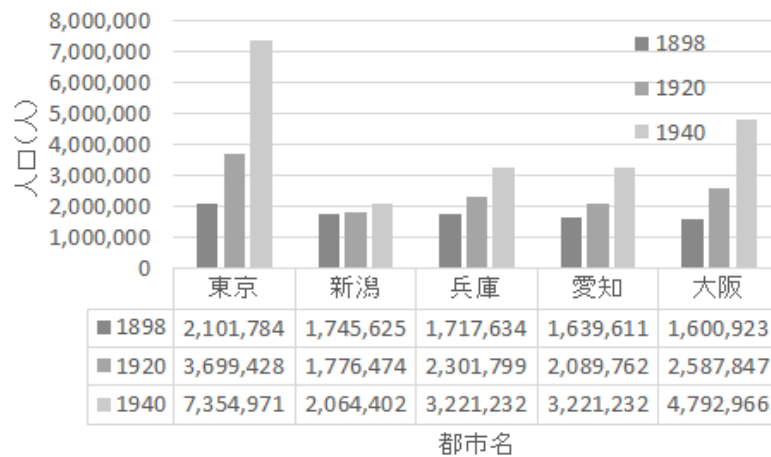


Fig. 2-1 第二次世界対戦前における都道府県別人口増加の推移(筆者作成)

口増加も著しい。1914年から19年にかけて大阪市の人口は10%ほど増加しているが、隣接する東成西成両郡は43.6%、50.4%の人口増加を記録している。付随して、耕地も減少する。大阪市の耕地は1902年の1855町歩から24年には60町歩まで減少する。これは大阪市西区北区の臨海新田地帯や安治川右岸一帯に工場が進出したためである。同様に、西成郡・東成郡では第一次世界大戦期に耕地の減少が急激に進む。1902年に比べ、13年の耕地は西成郡で38%、東成郡で24%減少した⁽¹⁾。

住宅問題は、好況期の量的住宅難の不況期の質的住宅難に大きく分かれる。好景気にあった1920年の国勢調査⁽²⁾によると、1世帯平均人口を4.53人、1家屋に1世帯が入居するとして、大阪全市で約5万2000世帯の量的な住宅不足があったとされている。

こうした中、1918年11月に内務省社会局に設置された救済事業調査会により「小住宅改良綱領」の答申がなされる⁽³⁾。この答申がわが国における住宅政策の登場と位置づけられる。この答申は12項からなり、さらに3項の希望事項が付加されている。このうち、項目1,2,4が戦後の公営住宅政策に引き継がれ展開されている。

1. 公共団体ニ対シ相当ノ条件ノ下ニ住宅課医療ノ用ニ供スル土地ノ収用権ヲ認ムルコト並官公有地

ノ譲渡ニ付キ便宜ヲ図ルコト

2. 住宅建築及用地買入其ノ他必要アル場合ニ於テハ公共団体ノ起債ヲ認メ低利資金ノ融通ヲ図ルコト

4. 公共団体又ハ公益団体ニ於テ低廉宿泊所ヲ設クルコトヲ推奨スルコト

1. 2. は公共住宅用の貸付，建築費の低利融資などを基にした公的賃貸住宅（公益住宅）の供給を指している。4は大都市に流入した浮浪者を短期的に収容し生活支援する共同宿泊所を指している。

この答申を受け、翌1919年6月、内務省は地方公共団体宛通牒によって、公益住宅の建設推奨を行う。これは、公共団体が大蔵省預金部から低利融資を受け、非営利住宅を建設するという内容のものである。これにより、1919年から23年までの供給実績は建設予定戸数7253戸，建設済み戸数6145戸，建設実施県は36府県を数え、全国的な広がりを見せた⁽⁴⁾。

その後、東京では池田宏や渡辺鍬、大阪では関一や片岡安らにより住宅政策が展開された。

2.1.2 公営住宅法の成立と発展

現在の公営住宅の直接の背景は、第二次世界大戦後の戦災による住宅不足と、その応急簡易住宅に端を発する。戦災により、広島・浜松などの都市で市街地のほぼ全域が焼失するなど、住宅不足は明らかであったが、その実態が明らかになったのは1948年に行われた総理府統計局による「昭和23年住宅統計調査結果報告」⁽⁵⁾であった。それまでは、政府概算により約420万戸の住宅が不足しているとされていた。同調査では、住宅総ストック約1390万戸に対し、約368万戸の住宅が不足していることが明らかになった。つまり、国全体で26.4%ほどの住宅が不足していた。

この膨大な住宅難世帯に対し、1945年9月に「罹災都市応急簡易住宅建設綱領」⁽⁶⁾が閣議決定される。この綱領では、建設主体を「極力罹災者各自ノ自力建設ニ依ルコトスルモ公共団体、住宅営団、貸家組合其ノ他所在ノ住宅業者等ニ於テモ之ガ建設ニ当ルモノトシ、戦時建設団、労務報国会等ハ之ガ建設ニ対シ全面的ニ協カスルモノトス」としている。つまり、罹災者が自力で住宅を建設することを基本としつつも、公共団体・住宅営団・貸家組合・所在の住宅業者などにも住宅供給を分担させている。建設戸数は「30万戸ヲ目途」とされている。

その後、応急簡易住宅は「国庫補助庶民賃貸住宅」に切り替えられ、国民の家賃負担能力が著しく低下していることを考慮した低廉な賃貸住宅の供給を目指すこととなる。1951年の公営住宅法の公布まで、住宅復興事業はこの制度を期間として進んだ⁽⁷⁾。建設白書によると、戦後5ヵ年で約240万戸が供給されたとされる⁽⁸⁾。これは、368万戸の供給不足は下回るものの、戦災滅失戸数210万戸をカバーしている。

応急政策がいきわたる中、住宅政策は恒久政策へとシフトしていくが、そこには大きく2つの課題があった。一つは、一定の質をクリアした住宅をどう確保していくかという「質的課題」であり、もう一つは低所得者向けの貸家ストックをどう増やしていくかという「量的課題」であった。

1948年7月に誕生した建設省は、前者の課題に対して、持ち家志向の中間層に対し、良質な住宅の普及を支援するため、金融面で支援を行う方針で政策化を進め、1950年の住宅金融公庫法で法整備を行った。後者の課題は「国庫補助庶民賃貸住宅」を法制度として確立する方向で検討が進み、1951年の公

営住宅法で具現化する。

1973年、住宅・土地統計調査において、全ての都道府県で住宅数が世帯数を上回ったことが明らかになった。これにより戦後から継続してきた「量的充足」が「質的向上」へと方針転換していく。図からわかるように 1973年までは公営住宅の建設数が増加の一途であるが、その後は減少傾向にある⁽⁹⁾ (Fig. 2-2)。

同時に、1970年～1980年にかけて公営住宅の規模が 30㎡以上に拡大する。これは 1970年からの第 2 期住宅建設 5 年計画において「1人 1室」、1975年からの第 3 期計画において「最低居住水準」「平均居住水準」が設定された影響であると考えられる。また 1960年代から中層化、1970年代から高層化が進み、1960年代から木造住宅が作られなくなり、70年代から簡易耐火が作られなくなっていることが分かる。Fig. 2-3は 1999年時点での公営住宅の既存ストックであるが、昭和 40年代つまり、1965年から 10 年間のストックの割合が高くなっていることがわかる。

物理的な老朽化に加え、住宅事情の変化に伴う相対的な機能低下や敷地の高度利用による住宅供給の可能性が指摘されたことで、1969年に公営住宅法が改正され、建替事業制度が創出される。これにより、古いストックの建替えが進み、1980年代半ばより公営住宅建設降雨の過半数を建替えが占めるようになり、2005年時点で建替え比率が 80%を超えている (Fig. 2-4)

家賃は、当初「限度額家賃負担制度」が採用されていたが、1996年に「応益応能家賃負担制度」が採用され、収入に応じて家賃負担が変化するようになる。

2005年には、「地域住宅交付金制度」が創出され、地方自治体の公営住宅整備事業等の事業に対し、交付金算定対象事業費の概ね 45%が助成されるようになる。

2007年には、住宅セーフティネット制度が創出され、さらに公営住宅の大幅な増加が見込めない中、民間の空き家・空き室は増加していることから、それらを活用した、新たな住宅セーフティネット制度が 2017年に創出される。

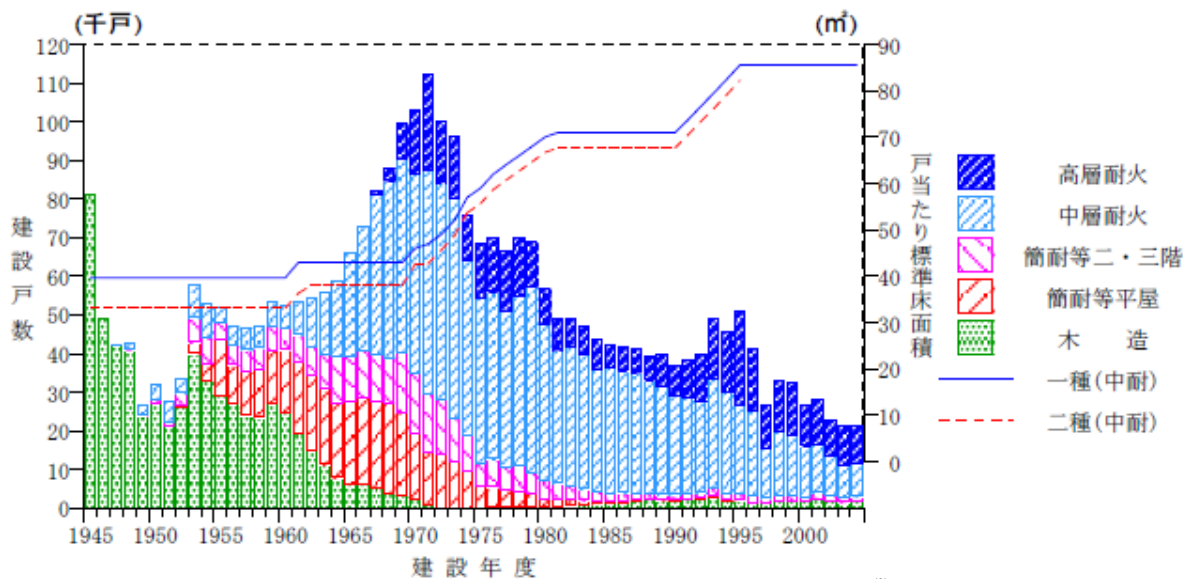


Fig. 2-2 戦後の公営住宅数の推移(国土技術政策総合研究所作成)⁽⁹⁾

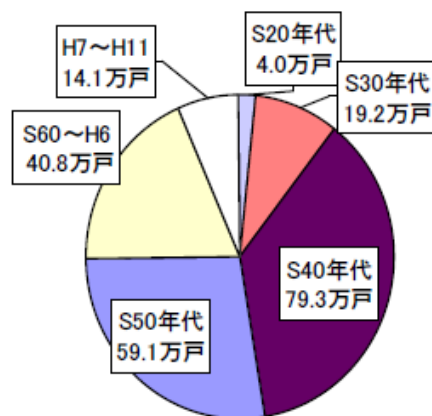


Fig. 2-3 公営住宅ストックの年代別割合(国土技術政策総合研究所作成)⁽⁹⁾

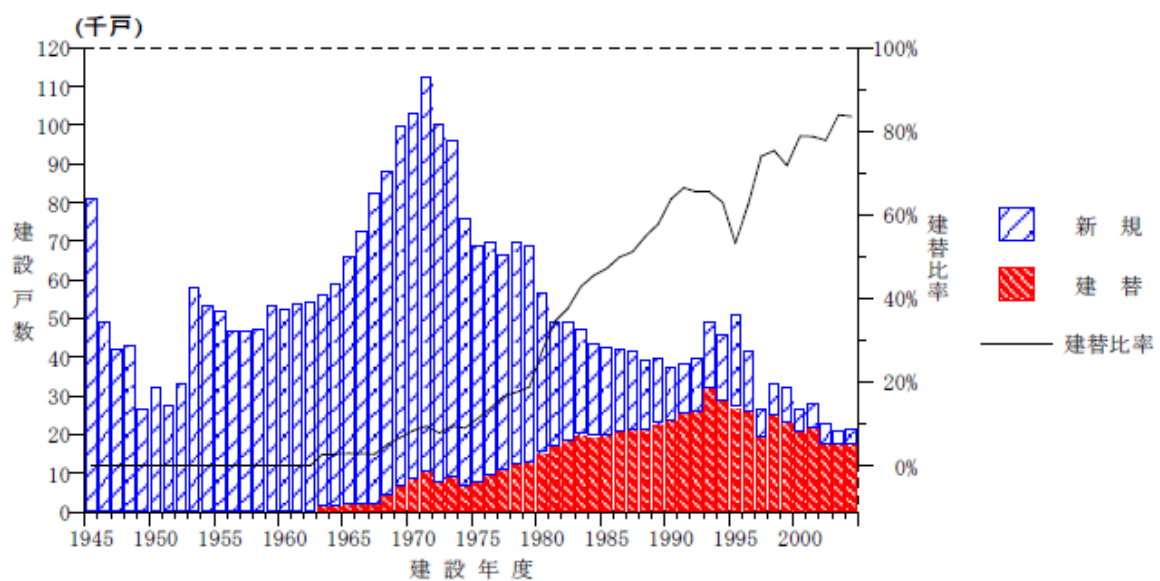


Fig. 2-4 公営住宅建設における建替と新築の比率(国土技術政策総合研究所作成)⁽⁹⁾

2.1.3 現行の公営住宅制度について

公営住宅は、憲法第 25条(生存権の保障)の趣旨にのっとり、公営住宅法に基づき、国と地方公共団体が協力して、住宅に困窮する低額所得者に対し、低廉な家賃で供給されるものである⁽¹⁰⁾。

その整備基準は主に以下になる。

1. 地方公共団体は、公営住宅を建設(又は民間住宅を買取り・借上げ)して管理
2. 国は、整備費等を助成: 全体工事費の概ね 45%(建設、買取り)又は共用部分工事費の 2/3の概ね 45%(借上げ)を助成

平成 10年度から 27年度までの公営住宅の管理戸数の推移は Fig.2-5 のようになる。ただし、平成 22 年度については、東日本大震災の影響により一部の事業主体において調査未実施である。ここから分かるように、全国の事業主体が管理する公営住宅の管理戸数を合計した戸数は、平成 17 年度をピークとして微減傾向にあるが、平成 26 年度以降は増加している。これは、東日本大震災に係る災害公営住宅の整備等の影響によるものと考えられる。

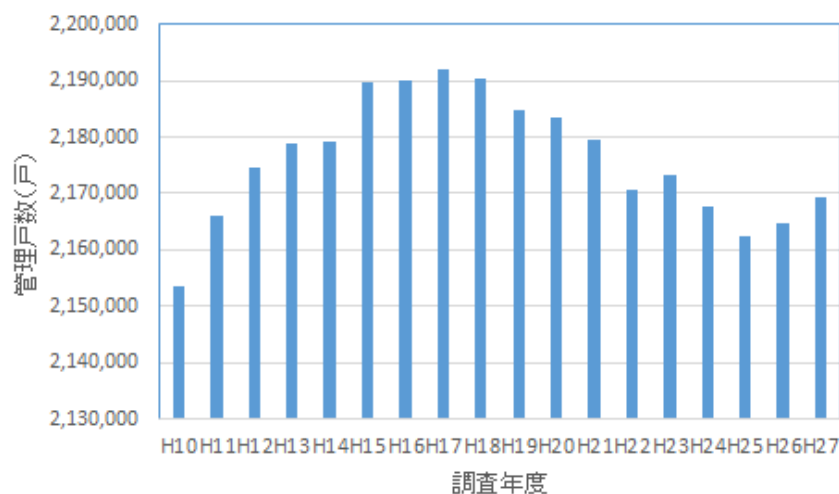


Fig. 2-5 公営住宅管理戸数の推移(平成 10年から平成 27年度)

また、公営住宅に入居するには以下に示す入居者資格をクリアしなくてはならない。(Tab. 2-1)

(1) 同居親族要件(法 23 条 1 号、令 6 条 1 項)

現に同居し、又は同居しようとする親族があること。ただし、老人、身体障害者等特に居住の安定を図る必要がある者として政令で定める者については、単身での入居が可能。

(2) 入居収入基準(法 23 条 2 号、令 6 条 5 項)(表 2-5)

その者の収入が①～③に掲げる場合に応じ、それぞれに掲げる金額を超えないこと。

①: ②及び③に掲げる場合以外の場合(本来階層)

【月収 20 万円(収入分位 25%) 以下】

②：入居者が身体障害者である場合その他の特に居住の安定を図る必要があるものとして政令で定める場合(裁量階層)

【月収 26.8 万円(収入分位 40%) 以下】

③：公営住宅が、災害により滅失した住宅に居住していた低額所得者に賃貸するため建設する国の補助に係るもの又は転貸するため借り上げるものである場合(裁量階層)

【月収 26.8 万円(収入分位 40%) 以下】

(3) 住宅困窮要件(法 23 条 3 号)

現に住宅に困窮していることが明らかな者であること。

またその家賃の決まり方に関しては、第 14 条 1 項により「入居者の収入及び公営住宅の立地条件、規模、建設時からの経過年数その他の事項に応じ、かつ、近傍同種の住宅の家賃以下で、政令で定めるところにより、事業主体が定める。」とされている。実際には自治体毎に様々な運用の仕方があり、この限りではない。

Tab. 2-1 公営住宅の入居収入基準

	階層	内容	世帯収入基準	収入分位
①	本来階層	②及び③に掲げる場合以外の場合	月収 20 万円	25% 以下
②	裁量階層	・入居者が身体障害者である場合 ・その他の特に居住の安定を図る必要があるものとして政令で定める場合	月収 26.8 万円	40% 以下
③	裁量階層	公営住宅が災害により滅失した住宅に居住していた低額所得者に賃貸するため建設する国の補助に係るもの又は転貸するため借り上げるものである場合	月収 26.9 万円	41% 以下

2.2 公営住宅の再編計画

2.2.1 現行の公営住宅に関する再編指針

今まで見てきたように、公営住宅はフローからストックへとその方針が移り変わり、かつ耐用年数を迎えつつあることで、再編を迫られている。

厚生労働省が平成 28 年示した公営住宅等長寿命化計画策定指針⁽¹¹⁾によると、都道府県が定める住生活基本計画において公営住宅の供給の目標量を定め、計画的な供給を図ることが位置付けられている。ここで、公営住宅の供給の目標量は、「新規の建設及び買取りの戸数、建替えによる建替え後の戸数、民間住宅等の借上げの戸数並びに既存公営住宅の空家募集の戸数を合計した戸数とし、居住の安定の確保を図るべき世帯に対し必要な住宅供給を行う観点から設定すること」とされている。

具体的な再編フローに関しては、Fig. 2-6 に示す指針が示されている。1 次判定では、まず住宅単位の検討を行い継続管理する住宅かどうか判定する。続いて、住棟レベル検討を行うが、同一住宅内でも住棟によって状況が異なるため、より効果的な手法の策定が望まれる。また、再編事業手法の選定に必要な項目も例示されている (Tab. 2-2)。一方で、その項目のどれを採用するかや、項目ごとの重み付けは自治体に委任されており、負担となっている。

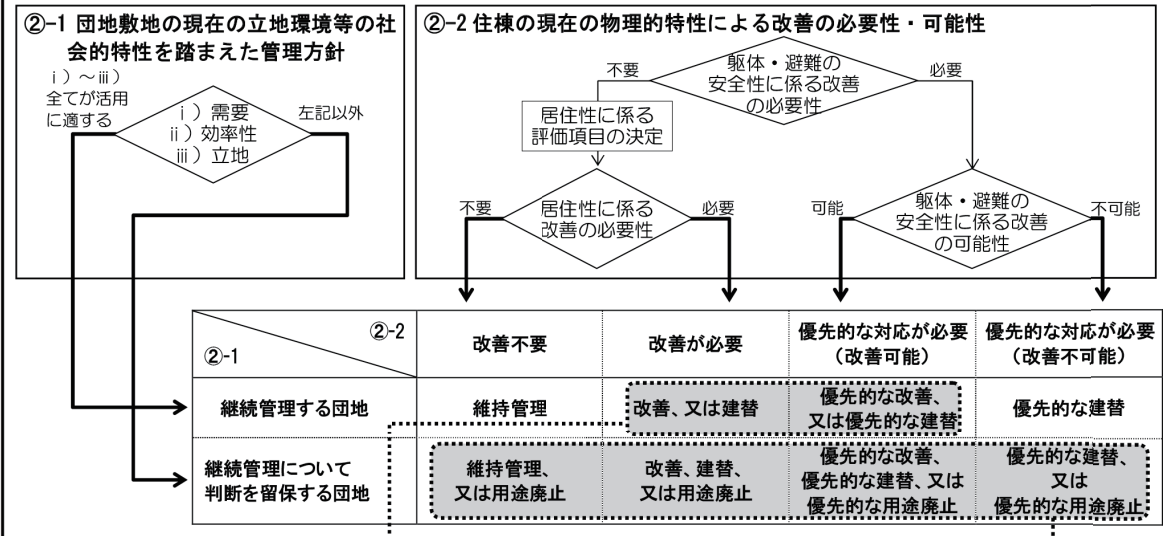
廃止対象となった住棟の住民は、別の住棟へ住民の仮転居を行い、新しく建替えを行った後、この新しい住棟へ元の住民に移転してもらうという流れになる。公営住宅法第三十六条三項より、「公営住宅建替事業により新たに整備すべき公営住宅の戸数が当該事業により除却すべき公営住宅の戸数以上であること」とあることから、現在の戸数を維持して公営住宅の再編を行う場合は入居者を強制的に移転させることができる。しかし、多くの自治体では戸数を削減した上での再編を目指しており、それには正当事由が無ければ転居を促すことが出来ない。

したがって、自治体では将来の人口減を踏まえて削減すべき公営住宅の戸数割合を算出するなどして正確な値の算出に勤めている。合わせて、どのように住棟を廃止し、どのように住民を転居させ、どのように住棟を新築するかという計画も最適な計画案が求められている。

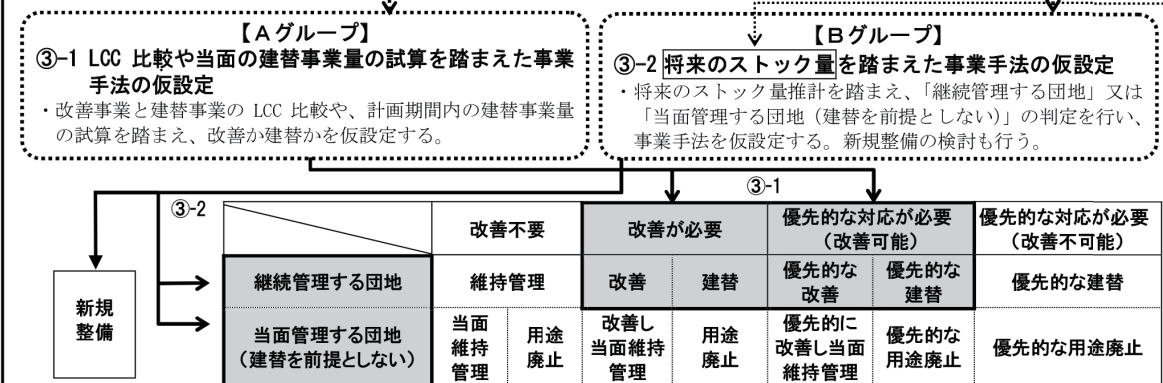
■事業手法の選定フロー

①公営住宅等の需要の見通しに基づく将来のストック量の推計【中長期】

② 1次判定：団地の管理方針と住宅改善の必要性・可能性に基づく団地・住棟の事業手法の仮設定



③ 2次判定：1次判定において事業手法・管理方針の判断を留保した団地・住棟の事業手法の仮設定



④ 3次判定：計画期間における事業手法の決定

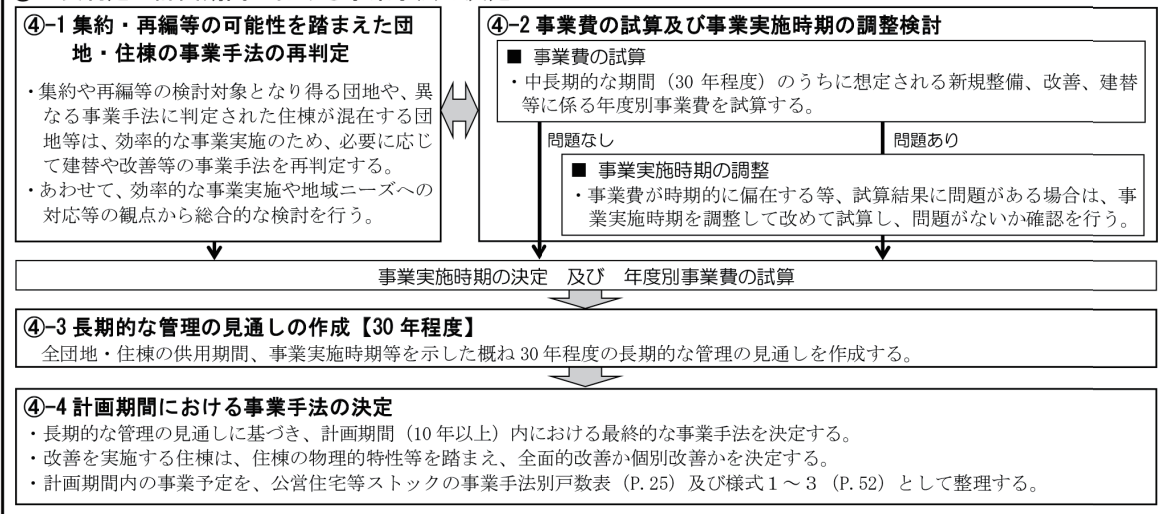


Fig. 2-6 再編事業手法の選定フロー（国土交通省住宅局作成）⁽¹¹⁾

Tab. 2-2 事業手法の選定に必要な項目の例(国土交通省住宅局作成)⁽¹¹⁾

【団地単位】

評価項目	評価要素	備考
需要	・応募倍率・空家率 等	事業手法選定の 1次判定②-1 (P.32)において 使用
効率性	・高度利用の可能性(用途地域、指定容積率、日影規制、高度地区等)、団地の敷地規模及び形状 等	
立地	・利便性(公共交通機関からの距離、公益施設・生活利便施設・教育施設等の距離 等) ・地域バランス ・災害危険区域等の内外 等	
入居者属性	・入居者の年齢、収入 等	事業手法選定の 3次判定④-1 (P.38)において 使用
周辺地域属性、不足施設等	・周辺地域の状況、高齢者等支援施設の充足状況、子育て支援施設の充足状況 等	
建替や改善の際の仮住居の確保	・隣接する公営住宅等との連携可能性 等	

【住棟単位】

評価項目	評価要素	備考
躯体の安全性	・耐震性(建設時期による新耐震基準への適否、耐震診断による耐震性の有無、耐震改修の実施可否) 等	事業手法選定の 1次判定②-2 (P.33)において 使用
避難の安全性	・二方向避難の確保状況と、確保されていない場合の改善可能性 ・防火区画の確保状況と、確保されていない場合の改善可能性 等	
居住性	・住戸面積、省エネルギー性、バリアフリー性、住戸内の設備の状況(浴室の設置状況等) 等	

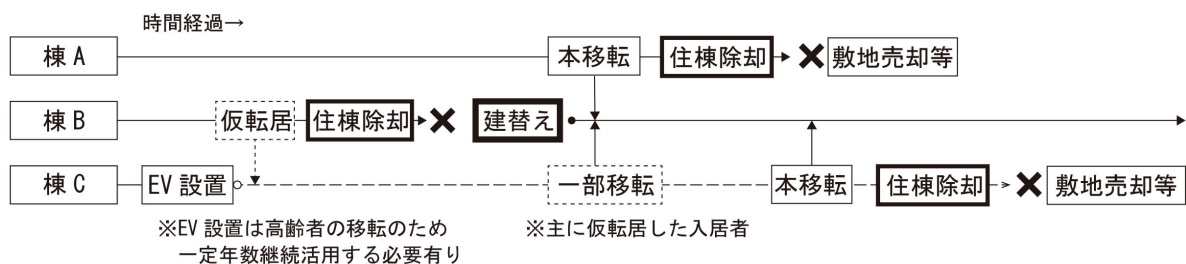


Fig. 2-7 仮転居を伴う再編フローの例

具体的な再編の進み方の例を Fig. 2-7に示す。再編計画はこのようにいくつかの住棟が関連しあって進む。Fig. 2-7に示しているのは、仮転居が発生する場合、最低関連しあう棟数 3棟での再編フローである。

まず、棟 Cに EVを設置する。これは、棟 Cに棟 Bから入居者を仮転居させるに当たり、高齢者や要介護世帯の事情を考慮する必要があるからである。高齢者や要介護世帯は、自力で階段を昇降できないため、低層階に転居するか、EVのある住戸に転居する必要がある。ここで、低層階の住戸に空きが出るのを待っていると再編計画が進まない。そのため、仮転居用に最低限の住棟に EVを設置する必要がある。また、合わせて仮転居用の住棟に外装工事などの劣化対策を施すが、自治体が国費を用いて対策する場合は 10年以上継続活用をする必要がある。

続いて、棟 Bから棟 Cへ入居者を仮転居させ、棟 Bの入居者がいなくなったところで、棟 Bを除却し、新規住棟に建替える。

次に、棟 Aの全入居者と棟 Cの棟 Bから仮転居した入居者を棟 Bに移転させる。棟 Bを新規供給するにあたり、この移転人数をカバーする必要がある。人数を計上する際は、入居者の死亡や退去のケースを踏まえ、一定の割合で入居者数が減少することを考慮する必要がある。

次に、入居者が十分に減少した棟 Aを除却する。更地となった余剰地は、民間への売却等の処分がなされる。郊外の住宅団地においては、立地状況によっては民間での活用が見込めないため、処分がうまく進まないことがあり、対策が模索されている。

続いて、継続活用期間が終了した段階で棟 Cを除却する。その後、棟 Aの場合と同様に余剰地を処分する。

事業完了までは、概ね 5～20年程度の年数がかかる。

また、戸数減少を伴う再編においては、入居者の同意をベースに移転を進める必要がある。そのため、説得力のある正当事由が必要となる。現状戸数を維持する場合でも、継続活用する住棟と廃止する住棟とを区別する客観的な事由が求められている。

2.3 研究対象の公営住宅

2.3.1 大阪府の公営住宅とその再編方針

Fig. 2-8に大阪府営住宅の建設年度別管理戸数⁽¹²⁾（令和3年3月31日時点）を示す。Fig. 3から分かるように、大阪府は昭和50年代以前に建設された住宅団地の管理戸数およびその割合が高く推移している。将来の老朽化の進行による維持コストの増大や、一斉かつ大量に迎える住宅団地の更新時期到来に備えて、今から住宅政策として計画的に対応する必要がある。そこで、大阪府では令和3年に住まうビジョン・大阪（大阪府住生活基本計画）⁽¹³⁾と大阪府営住宅ストック総合活用計画⁽¹²⁾を発表し、市場における空き家の数が急激に増加している中においては、時代の変化に合わせた公的賃貸住宅の戸数の適正化を図ることをめざし、人口・世帯数の減少や民間賃貸住宅での住宅セーフティネットの充実を前提に、30年後の公的賃貸住宅の戸数（指標）を公表し、府営住宅については、今後一斉に更新時期を迎える高度経済成長期に建設した大量の府営住宅ストックに対し、将来の管理戸数の適正化を図っていく旨を発表している。

同計画⁽¹²⁾では住宅団地の再編事業種別を大まかに築年数で判断することを基本方針としている。具体的には昭和50年代以前に建設された住宅団地を再編・整備の対象としている。また、基本方針に加え、住宅団地全体の集約廃止（住宅内の全棟を廃止する）事業については、市町での高経年の住宅と低経年の住宅団地の比率、住宅団地ごとの築年数や需要、建替えの効率性・実現性等を考慮して、計画的に着手するとしている。また集約建替（入居戸数での建替えを基本歳、住宅団地内での統廃合や建替え戸数の調整も検討する）では、住宅団地ごとの構造、エレベーター（EV）の設置状況、入居者の減少、周辺の住宅団地への移転の状況、および一定の地域内に「再編・整備」の住宅団地が複数ある場合は、鉄道路線・駅や日常生活圏、住宅団地の立地環境、需要や災害リスク等の観点から総合的に建替に取り組むとしている¹²⁾。

一方で、大阪府は同計画⁽¹²⁾内「2. (6) 前計画の主な取組みの評価と今後の事業推進上の問題・課題」の中で「集約事業の事業進捗に相当の遅れが出ている」と現状を認識し、その理由として以下の2点を挙げている。

- ① 移転対象者の同意取得
- ② 移転先となる住戸の確保

そのため、大阪府では集約事業（住宅団地内の住棟を間引くように廃止する）や中層エレベータ設置事業から、集約建替え事業への切り替えを進め、理由①②の解消を目指している。ただし、新築建替え事業では入居者に新築住宅団地への入居を促せることから理由①の解決を見込める一方で、集約建替え事業においても入居者の仮移転先を検討する必要がある。理由②も仮移転先については解決を見込めない。したがって引き続き事業進捗状況の改善を図ることは重要である。

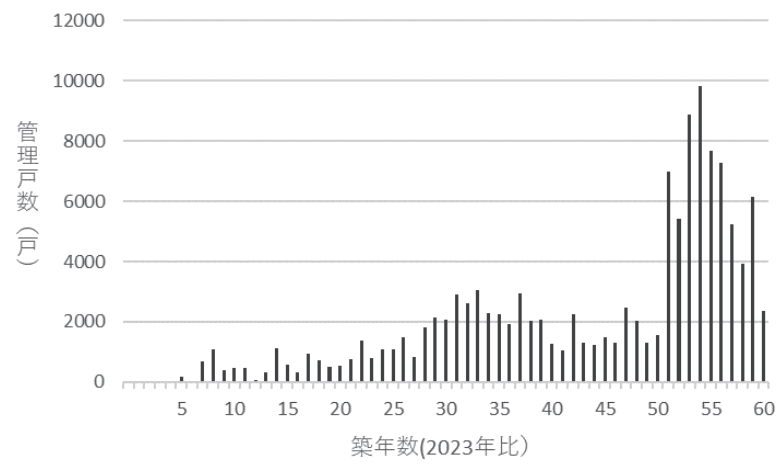


Fig. 2-8 大阪府営住宅の築年数別管理戸数

2.3.2 神戸市の公営住宅

神戸市の市営住宅の供給についても、全国的な展開と同じように、1947年の「復興庶民住宅」の建設に端を発し、1951年に「公営住宅法」が制定され、公営住宅の建設がはじまった。

「住宅建設計画法」が昭和41年に制定されたことを受け、「住宅建設5箇年計画」に基づく住宅団地の供給がはじまった。60年代から70年代前半にかけては、都市への人口集中の受け皿として、郊外の大規模住宅団地での供給を中心に、年間1,500～2,000戸のペースで大量の市営住宅を供給した⁽¹⁴⁾。

70年代後半になるとインナーシティ問題が顕著となったため、市営住宅の供給も既成市街地での立地重視に転換するとともに、「地域特別賃貸住宅」や「シルバーハウジング・プロジェクト」の実施など、様々な行政課題に対応する施策を展開することになった。

実際に「高齢者等の生活の特性に配慮したバリアフリー化された公営住宅で、緊急通報システムによる緊急時の対応など、一定のサービスを受けられる、高齢者世帯向けの住宅」⁽¹⁵⁾であるシルバーハウジングは、現在までに560戸供給されている。

また、市営住宅の新規供給だけではなく、昭和30年代後半からは、木造や準耐火構造の低層市営住宅の建替にも着手し、震災前までに80団地、約4,300戸を建て替え、84団地、約7,800戸を建設した。現在では木造住宅の多くで老朽化が進み、再編対象となっている。

1995年に発生した阪神・淡路大震災によって、住宅を失った被災者に対する受皿住宅として、災害公営住宅をはじめとする大量の市営住宅を供給した。震災直後、兵庫県は「ひょうご住宅復興3ヵ年計画」⁽¹⁶⁾を策定し、公・民合わせて3年間で12万5000戸供給するという方針を打ち出した。神戸市の負担分はそのうち8万2000戸であった。

Fig. 2-9に建設年代別に見た管理戸数と入居率のデータを示す。阪神淡路大震災の復興住宅として民間の住宅を多数借り上げ住宅とするなど、多数の公営住宅を供給したため、1995年から数年間の供給住宅数が多い。一方、この年代の住宅供給を除けば、全国的な住宅供給と概ね同じ傾向を示しており、典型的な住宅供給政策が採られていたことが分かる。

神戸市では1998年から2か年にわたり各団地の状況や特性を調査・分析し、これからの市営住宅のあり方等を2000年より「第1次マネジメント計画」として取りまとめた⁽¹⁴⁾。そこでは、市営住宅の新規供給を中心とする方針から、既存住宅ストックの維持管理を中心とする方針に切り替えることが示されている。表に神戸市で行われている再編事業を整理する。神戸市では廃止、建替え、組み合わせ住棟については募集停止及び入居者の転居が進んでいることもあり入居率が低いものがある。耐震改修住棟についても、事業実施に伴い、募集停止されているため入居率が低くなっているものがある。

現在神戸市で行われている再編計画は「第3次市営住宅マネジメント計画」⁽¹⁷⁾である。「第3次市営住宅マネジメント計画」は令和3年に計画が公表され、令和3年から令和12年度までの10年間計画されている。改修や更新が必要となる多くの市営住宅に対応し、構造や設備の課題を踏まえ、市営住宅の適切な再編と改修を通じて、市の住宅ストックを効果的に活用する事を目指している。

具体的には、良好な市営住宅ストックの形成を目指し、入居者の高齢化が進む中、エレベーターのない住宅団地では昇降負担が大きいことや、郊外団地で空き住戸が増えていることを課題とし、今後更新時期を迎える市営住宅について再編と改修を行うとしている。そして、計画期間中に再編しない住宅団地については、外壁改修や住戸内の給水管の更新など適切な計画修繕を行い、長寿命化を図る。

また、将来需要や財政負担を踏まえた管理戸数の円滑な縮減についても触れており、再編と改修にあたっては、効果・効率性や将来の必要性なども検討し、将来の過度な財政負担にならないよう、改修と建替えを行う住宅団地を厳選し、管理戸数は、令和 12年度末に震災前水準の 40,000戸未満を目指すとしている。

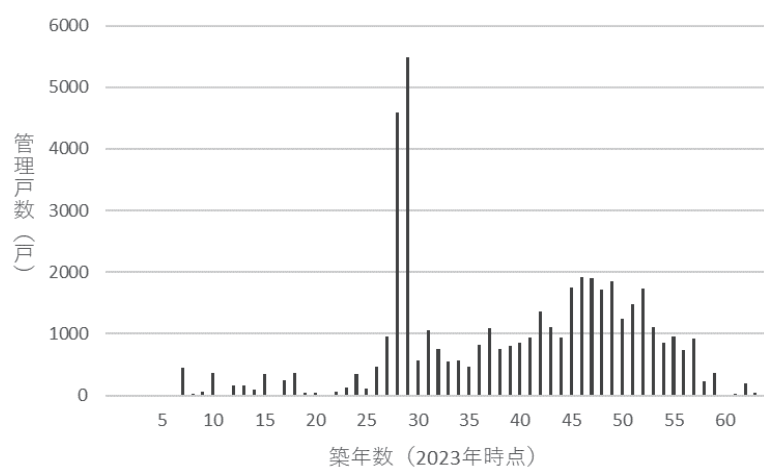


Fig. 2-9 神戸市営住宅の築年数別管理戸数

2.3.3 日向市の公営住宅

日向市は令和6年度3月に「第2次日向市公営住宅中長期整備計画」⁽¹⁸⁾にを公表した。この計画は、「日向市住宅マスタープラン」⁽¹⁹⁾および「日向市公営住宅長寿命化計画」⁽²⁰⁾に基づいており、2024年度から2053年度までの30年間の計画期間としている。10年ごとに計画を改訂し、5年間ごとに中間見直しを行う。

この計画によると、日向市では、令和5年度時点で1,329戸の市営住宅を管理している。しかし、人口減少に伴う市営住宅のニーズの減少や維持管理費用の増加を考慮すると、すべての住宅団地を現状のまま維持することは困難である。そのため、地域バランスや民間賃貸住宅の立地状況を考慮しつつ、市営住宅の管理戸数を削減し、必要な住戸を適切に管理運営することを目指している。市営住宅の管理運営や保守点検は、令和元年度以降、民間事業者に指定管理業務を委託しており、今後も民間のノウハウを活用しながら適切な管理を進めていく予定であるとされている。

本研究では、日向市市営住宅のうち、改良住宅、特定公共賃貸住宅、単独住宅、山村定住住宅を除いた一般公営住宅は23団地・115棟・1,285戸を取り上げる。建築年代別にみると1980年以前の住宅団地が5割を超え、旧耐震基準の住宅団地も半数以上を占めるなど老朽化が進んでいる。世帯主年齢は65歳以上が最も多く42.2%。次いで50～59歳が17.3%である。65歳以上の割合は平成3年が6.9%であり、平成27年までの24年間で35.3%増加している。また、空家率や、高齢単身者の割合も増加しており、収支バランスの悪化が深刻な課題となっている。

市営住宅の再編に関しては、老朽化が進んだ住宅団地や入居ニーズの低い住宅団地の集約建替えを行い、子育て世帯や若年層をはじめとする多様な入居者のニーズに応えることが目指されている。また、将来的な人口減少を見据えて、効率的な管理戸数の設定と集約化を進めている。具体的には、2045年までに公営住宅全体のストック量を現在の1,890戸（県営住宅564戸、市営住宅1,326戸）から1,200戸程度に減らす計画が立てられている。このうち市営住宅の将来ストック量は840戸程度と設定されており、効率的な運営を目指している。

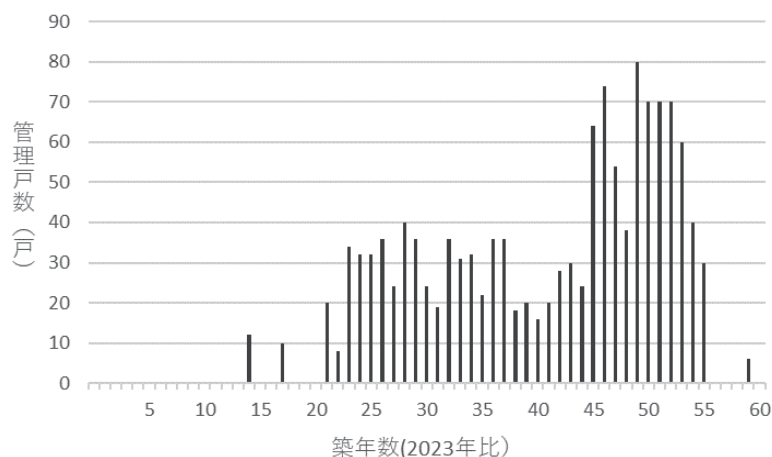


Fig. 2-10 神戸市営住宅の築年数別管理戸数

2.4 小結

本章では、公営住宅の再編計画の歴史的背景とその発展過程を概観し、現行の制度やプロセスを解説した。

次に、公営住宅の再編計画における主要な課題に焦点を当て、評価基準の問題点を指摘した。具体的には、公営住宅の再編計画においては、国土交通省策定の指針「公営住宅等長寿命化計画策定指針」が活用されているが、この指針で事業手法を選定する上で大きく二つの課題があった。一つ目は、評価項目を検討する上で、二分法的な項目の評価は比較的容易であるものの、より主観的な「グラデーション」を持つ項目に関しては、自治体職員の裁量に大きく依存しているという点である。そのため、再編事業を効果的に推進していくために、自治体等が所有する定量的なデータから客観的な分析を行うことが効果的だと考えられる。

最後に、研究対象として協力を得た大阪府営住宅、神戸市営住宅、日向市営住宅の3つの自治体における公営住宅の概要と、それぞれの自治体における現行の再編方針について詳述した。

-
- 1) 現代日本ハウジング史, ミネルヴァ書房, pp. 23-24, 2015
 - 2) 1920年度国勢調査 <<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu-Shakaihoshoutantou/0000116493.pdf>>
 - 3) 現代日本ハウジング史, ミネルヴァ書房, pp. 31-32, 2015
 - 4) 現代日本ハウジング史, ミネルヴァ書房, pp. 34, 2015
 - 5) 昭和23年住宅統計調査結果報告日本建築学会編: 人間-環境系のデザイン, 彰国社, pp. 128-129, 1997
 - 6) 罹災都市応急簡易住宅建設綱領 <<https://rnavi.ndl.go.jp/politics/entry/bib00654.php>>
 - 7) 現代日本ハウジング史, ミネルヴァ書房, pp. 171-172, 2015
 - 8) 現代日本ハウジング史, ミネルヴァ書房, pp. 177-178, 2015
 - 9) 国土技術政策総合研究所プロジェクトレポート, わが国における住宅・社会資本ストックの現状, pp. 128-129 <<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/kpr/prn0004pdf/kp0004111.pdf>>
 - 10) 国土交通省: 公営住宅制度について <<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/singi/koutekishoui/3-sankou.pdf>>
 - 11) 国土交通省住宅局: 公営住宅等長寿命化計画策定指針 <<http://www.mlit.go.jp/common/001042520.pdf>, 2016>
 - 12) 大阪府: 大阪府営住宅ストック総合活用計画 <<https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/15894/00000000/keikaku.pdf>>
 - 13) 大阪府: 住まうビジョン・大阪(大阪府住生活基本計画) <<https://www.pref.osaka.lg.jp/kenso/sumauvision/>>
 - 14) 神戸市: 第1次マネジメント計画 <<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/1446/1smp-base.pdf>>
 - 15) 神戸市: 住まいの総合窓口すまいるネット <<https://www.smilenet.kobe-sumai-machi.or.jp/support/smlenavi/silver/>>
 - 16) ひょうご住宅復興3カ年計画 <<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk41/documents/000036451.pdf>>
 - 17) 神戸市: 第3次マネジメント計画 <<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/41824/3management.pdf>>
 - 18) 日向市: 第2次日向市公営住宅中長期整備計画 <<https://www.hyugacity.jp/sp/display.php?cont=210401080656>>
 - 19) 日向市: 日向市住宅マスタープラン <<https://www.hyugacity.jp/sp/tempimg/20220506153531.pdf>>
 - 20) 日向市: 公営住宅長寿命化計画 <<https://www.hyugacity.jp/sp/display.php?cont=121030184049>>

第 3 章

任意の自治体全域を対象とした再編優先度の推定

3.1 本章の目的

本章の目的は、多くの項目の検討が必要な公営住宅に再編事業の検討において、自治体が所有するデータや各種オープンデータから、どの自治体でも再現可能で属人性を排した、各住宅団地の相対的な評価を可能にする客観的な指標を作成する手法を開発することである。

既報⁽¹⁾では、主成分分析と非階層クラスタ分析を用いて、住棟ごとに再編計画の対象になるか否かの優先度(これ以降「再編優先度」と記す)を判定する手法を提案した。

この手法では、神戸市営住宅を対象として、築年数や入居率など自治体が所有する住棟データを「総合的な課題度」「転居の容易性」の2つの主成分に縮約し、各住棟の主成分得点をクラスタリングして再編優先度を判定したが、以下の2点の課題が明らかになった。

まず、主成分分析を行う上で主成分の数を分析者自身で決定している点である。既報の手法では、主成分を2つに限定して視覚的な解釈を容易にし、統計分析に不慣れな職員が多いと思われる自治体内での使用も目指せる物であった。しかし、より高次元の主成分分析を行うことで、より多角的に再編計画の策定に資する合成変数を得られる可能性がある。

次に、K-Means法のクラスタ数を分析者自身が決定している点である。この手法で用いたK-Means法は非階層クラスタ分析の一つである。非階層クラスタ分析はいくつかの手法があり、それぞれに長所と短所がある。K-Means法の短所はクラスタ数を初めに決め打ちする点である。既報⁽¹⁾では主成分が2つであり4つの象限に分かれると推測し4つのクラスタ数を仮定した。しかし、このクラスタ数がどの程度統計的に有意であるかは示せていない。

本研究では、既報⁽¹⁾で提案した手法の更なる信頼性の向上のため、簡便性に拘ること無く、以下に示す推定方法を提案する。

まず、予備分析としてロジスティック回帰分析を用いて、行政が発表している再編方針と回帰式の特徴を比較する。これにより、現状の再編方針で活用されたと推測される変数を確認するとともに、分析を住棟単位で行うか住宅団地単位で行うか判断することができる。

次に、主成分分析を用いて複数のデータを少数の合成変数に縮約する。これにより大規模なデータセットの特徴を把握しやすくする。この時、固有値が1以上である成分を主成分とし、主成分の数を限定しない手法を選択する。変数はe-Stat等から得られるオープンデータを活用しながら、より多くの変数を扱う。

そして、非階層型クラスタ分析を用いて、似たデータの特徴を持つ住宅団地同士をクラスタリングする。クラスタの中心の座標を確認してそのクラスタ全体の特徴をつかむことで、住宅団地の再編対象としての特徴を相対評価でき、事業実施の基本的な優先順位を落とし込むことができる。この時、クラスタ数を仮定しない非階層クラスタ分析である変分混合ガウス分布クラスタリング(これ以降「VBGMM」と記す)を併用し、K-Means法のクラスタ数に統計的な客観性を持たせる。これにより、自治体ごとに異なる特徴がある幅広いデータセットから意味のある知見を引き出すことが可能になる。

機械学習は、学習データに正解を与える教師有り機械学習と正解を与えない教師無し機械学習の大きく2つに分類できる。予備分析で用いたロジスティック回帰分析は教師有り機械学習の一種であり。主要な分析手法である主成分分析とクラスタ分析は教師無し機械学習の一種である。公営住宅の再編事業は5～10年程度の長期間で計画され、新しく再編事業を検討する際にはその時の現状に即して新たに計画されるため、以

前の再編事業で再編対象となった住宅団地(あるいは住棟)を「正解データ」として分類する教師有り機械学習では新しい計画の方針を十分に反映できない。そのため本研究では教師無し機械学習を主として用いて類似した住宅団地をグループ化し、その特徴から再編対象となりうるかどうかを判定する。

以上の手法について、既報⁽¹⁾の課題と本章で解決することを Fig. 3-1に、本章で提案する手法の概略を Fig. 3-2にまとめる。

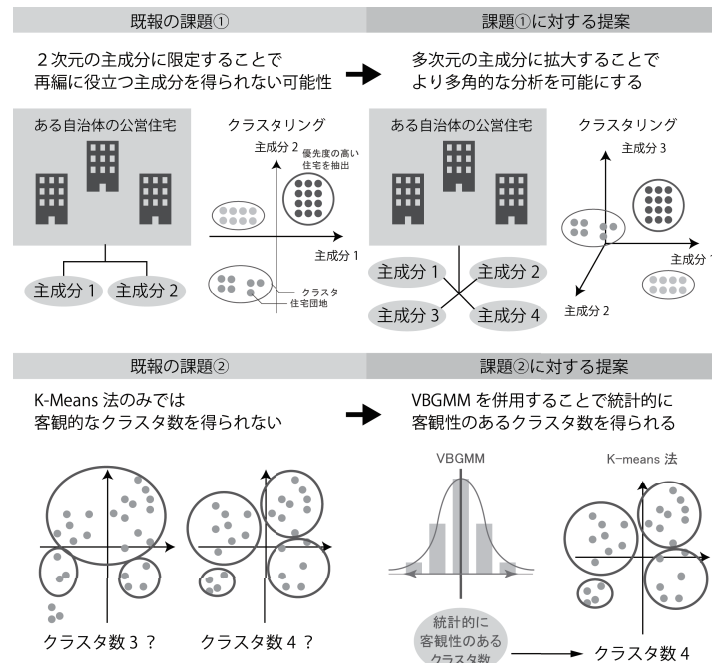


Fig. 3-1 既報の課題と本章での提案

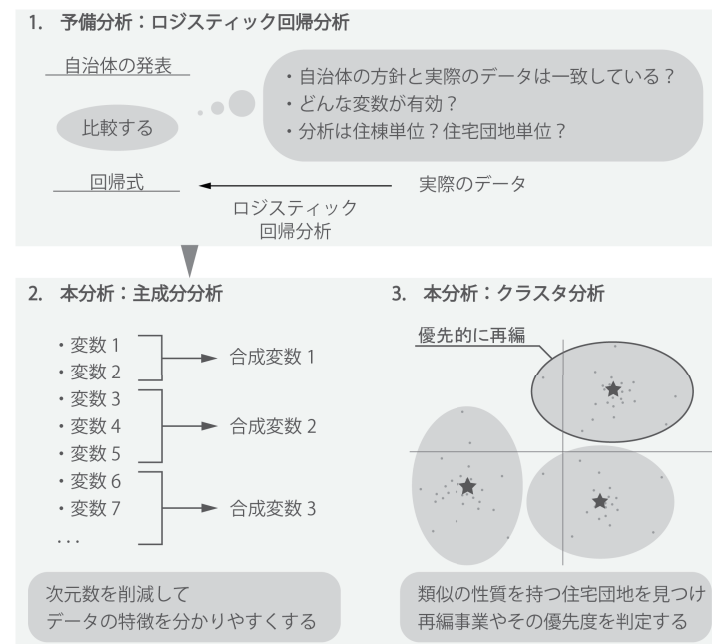


Fig. 3-2 本章で提案する手法の概略

この手法により、公営住宅の再編計画策定、特に国土交通省策定の公営住宅長寿命化計画における一次判定にあたる部分を、より円滑かつ説得力を持って行うことができ、再編事業の実施時期や住宅団地ごとの再編事業の優先度の判定に活用することが見込まれる。

本研究では、提案手法を用いて、まず大規模自治体として大阪府営住宅を対象に、現在再編対象となっている府営住宅について、どのような優先順位で再編事業に取り組むのが効果的か検証を行う。提案手法を実際の再編計画に当てはめることで、数理的解析技術を机上の空論で終わらせず、具体的な行政の課題に対する活用を検証できる。続いて、中小規模自治体として日向市営住宅を対象として本手法を当てはめ、自治体を問わず汎用的に適用可能であることを検証する。これにより、行政の事業量平準化や円滑な再編事業実施の実現が見込まれ、縮退期における公営住宅の持続的な活用に寄与することができる。

一方で、本手法はあくまで各住宅団地の相対的な位置づけを客観的に示すものである。この結果を元に具体的にどの優先順位で再編事業を進めていくかは、行政の方針や、既に進行中の他の住宅政策事業、またデータに現れない定性的な情報によって左右される。そうした各自治体の例外的な事象の除いた、定量的なデータを基づく判断のたたき台を策定し、各自治体の再編計画策定を支援する手法を開発することが本手法の目的である。

3.2 分析対象の住宅団地とそのデータ

まず、大阪府営住宅を対象に分析を行う。本分析では、大阪府営住宅に関する住棟・入居者データおよび、e-Stat等から取得できるオープンデータを用いる。研究対象の大阪府営住宅は大阪府が管理する府営住宅のうち「旧名称の住宅団地」「管理上名称が二つに分かれている住棟の片方の住棟」「活用計画 12) で「継続」となっている住宅団地」を除いた計 266 住宅団地、2268 棟、92927 戸である。使用するデータは Tab. 3-1 に示す。

大阪府から提供されたデータについては、大阪府住宅まちづくり部の協力のもと、個人情報を含まない形で提供を受けた。

Tab. 3-1 大阪府営住宅の分析で用いるデータ

番号 項目	出典
1 管理戸数	大阪府より提供
2 棟数	大阪府より提供
3 平均管理戸数(1棟当たり)	1,2から導出
4 住宅団地の敷地面積(ha)	大阪府より提供
5 土地現在価格(平米あたり)	大阪府より提供
6 住棟ごとの築年数	大阪府より提供
7 築年数の最大値	6より導出
8 住棟の構造種別	大阪府より提供
9 RC割合	8より導出
10 S割合	8より導出
11 住棟ごとの階数	大阪府より提供
12 低層棟割合(1~2階)	9より導出
13 中層棟割合(3~5階)	10より導出
14 高層棟割合(6階以上)	11より導出
15 入居戸数(住棟・住宅団地)	大阪府より提供
16 総空き戸数(住棟・住宅団地)	大阪府より提供
17 平均入居率	1,15より導出
18 総入居者数(住棟・住宅団地)	大阪府より提供
19 平均世帯人数	1,18より導出
20 20歳未満の入居者数	大阪府より提供
21 20歳未満の入居者の割合	18,20より導出
22 65歳以上の入居者数	大阪府より提供
23 65歳以上の入居者の割合	18,22より導出
24 住棟ごとのEV設置有無	大阪府より提供
25 EV設置割合	2,24より導出
26 住棟形式(片廊下型等)	大阪府より提供
27 片廊下型住棟の割合	2,26より導出
28 住棟・住宅団地の住所	引用サイト: GoogleMap (https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja) 住棟を検索し住所を取得
29 住棟・住宅団地の緯度経度	34で取得した住所にGoogle Sheets API を用いて取得
30 住宅団地の小学校区	引用サイト: 各自治体の市立小学校区の通学区域が掲載されたサイトより取得(例 堺市: https://www.city.sakai.lg.jp/kosodate/kyoiku/tetsuzuki/nyuennyugaku/tsugakukui/shotsugaku.html)
31 市区町村別の総戸数	引用サイト: e-Stat (https://www.e-stat.go.jp/) 政府統計名: 国勢調査 提供統計名: 平成 27 年国勢調査 提供分類1: 人口等基本集計(男女・年齢・配偶関係、世帯の構成、住居の状態など)
32 市区町村での府営住宅団地率	1,28,31より導出
33 駅の平均乗降客数(人/日)	引用サイト: e-Stat (https://www.e-stat.go.jp/) 政府統計名: 大都市交通センサス 提供分類: 鉄道>近畿圏 時計表名>03a_駅別発着・駅間通過人員表
34 平均駅徒歩(分)	引用サイト: 不動産・住宅団地情報サイトLIFULL HOME'S>不動産アーカイブ(https://www.homes.co.jp/archive/) ※上記サイトに掲載がないものはGoogleMap (https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja) で住棟を検索し最寄り駅との距離を算出後、歩行速度80m/sで割った数値を採用。住宅団地は棟ごと数値の平均を採用
35 住棟・住宅団地の最寄り駅	引用サイト: 不動産・住宅団地情報サイトLIFULL HOME'S>不動産アーカイブ(https://www.homes.co.jp/archive/) ※上記サイトに掲載がないものはGoogleMap (https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja) で住棟を検索し最も近い駅を取得
36 住棟の面積(㎡)	引用サイト: Google Earth(https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/) 面積計測ツールを用いて住棟ごとに実測 ※正確な測量ではないため、自治体等が今後正確に測量を行った場合数値に誤差が生じる可能性がある
37 最寄り駅の平均乗降客数	33,35より導出
38 住棟密集度	2,30より導出
39 平均敷地面積(棟ごと)	1,4より導出
40 1層あたり管理戸数	1,11より導出

3.3 ロジスティック回帰分析による再編計画特徴分析

3.3.1 住棟単位のロジスティック回帰分析

大阪府営住宅の活用計画⁽²⁾の方針と、実際の住棟データから得られる回帰式の特徴を比較する。これにより、現在の再編方針で活用された変数を推定し、発表されている方針との整合性を検証するとともに、分析を住棟単位で行うか住宅団地単位で行うか判断できる。

予測対象は「活用計画⁽²⁾対象住棟のうち今後10年で再編予定の住棟(以降「再編10年住棟」と記す)」である。手持ちのデータ(Tab. 3-2 (左))について、それぞれの項目について相関係数を計算する(Fig. 3-3)。多重共線性を避けるため、相関係数の絶対値がおよそ0.7以上の項目をロジスティック回帰分析にしようする項目から除外する。以降使用する項目は(Tab. 3-2 (右))に示す。

変数選択は変数増減法で行い、Wald統計量を判定の基準とする。回帰分析の結果 Hosmerと Lemeshowの検定から検定統計量における有意確率=0.01となり有意水準 $\alpha=0.05$ より小さいため、得られる数理モデルがデータに適合していないことが示された。つまり、活用計画⁽²⁾対象住棟について現在のデータからでは有意な数理モデルを求めることができない。

Tab. 3-2 住棟単位の分析で使ったデータ
(左) 相関分析に使用したデータ (右) ロジスティック回帰分析に使用したデータ

番号	項目	番号	項目
2	棟数	32	市区町村での府営住宅率
32	市区町村での府営住宅率	38	住棟密集度
38	住棟密集度	34	平均駅徒歩(分)
34	平均駅徒歩(分)	36	住棟の面積(m ²)
36	住棟の面積(m ²)	5	土地現在価格(平米あたり)
5	土地現在価格(平米あたり)	37	最寄り駅の平均乗降客数
37	最寄り駅の平均乗降客数	6	住棟ごとの築年数
6	住棟ごとの築年数	9	RC割合
9	RC割合	11	住棟ごとの階数
10	S割合	40	1層あたり管理戸数
11	住棟ごとの階数	16	空き戸数
1	管理戸数	17	入居率
40	1層あたり管理戸数	23	65歳以上の入居者の割合
15	入居戸数	24	住棟ごとのEV設置有無
16	空き戸数		
17	入居率		
18	入居者数		
19	平均世帯人数		
20	20歳未満の入居者数		
21	20歳未満の入居者の割合		
22	65歳以上の入居者数		
23	65歳以上の入居者の割合		
24	住棟ごとのEV設置有無		
26	住棟形式(片廊下型等)		

	2	32	38	34	36	5	37	6	9	10	11	1	40	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26
2																								
32	0.11																							
38	0.70	0.13																						
34	0.39	0.04	0.26																					
36	0.68	0.08	0.47	0.15																				
5	0.07	0.24	0.00	0.12	0.10																			
37	0.26	0.06	0.19	0.46	0.15	0.19																		
6	0.35	0.18	0.28	0.34	0.12	0.16	0.12																	
9	0.10	0.04	0.09	0.07	0.07	0.09	0.06	0.18																
10	0.10	0.04	0.09	0.07	0.07	0.09	0.06	0.18	1.00															
11	0.26	0.01	0.23	0.19	0.12	0.21	0.03	0.26	0.49	0.49														
1	0.26	0.00	0.22	0.13	0.16	0.13	0.03	0.32	0.31	0.31	0.78													
40	0.07	0.02	0.02	0.02	0.13	0.07	0.01	0.18	0.02	0.02	0.11	0.58												
15	0.30	0.03	0.25	0.15	0.13	0.15	0.03	0.35	0.29	0.29	0.77	0.99	0.57											
16	0.05	0.16	0.05	0.03	0.23	0.07	0.02	0.03	0.23	0.23	0.40	0.52	0.34	0.38										
17	0.26	0.23	0.24	0.16	0.14	0.21	0.02	0.26	0.02	0.02	0.12	0.10	0.02	0.23	0.64									
18	0.30	0.03	0.25	0.15	0.13	0.15	0.04	0.39	0.24	0.24	0.74	0.97	0.57	0.98	0.38	0.21								
19	0.06	0.01	0.06	0.06	0.05	0.03	0.04	0.18	0.12	0.12	0.12	0.07	0.01	0.08	0.04	0.13	0.07							
20	0.26	0.01	0.23	0.12	0.07	0.04	0.08	0.41	0.04	0.04	0.51	0.73	0.48	0.74	0.24	0.20	0.83	0.31						
21	0.08	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05	0.18	0.12	0.12	0.10	0.02	0.08	0.01	0.09	0.08	0.09	0.61	0.50					
22	0.28	0.05	0.24	0.13	0.12	0.19	0.00	0.30	0.33	0.33	0.76	0.96	0.52	0.97	0.36	0.22	0.93	0.14	0.62	0.12				
23	0.07	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.08	0.20	0.14	0.14	0.16	0.07	0.05	0.07	0.01	0.04	0.05	0.73	0.34	0.73	0.23			
24	0.26	0.08	0.21	0.22	0.08	0.05	0.06	0.40	0.26	0.26	0.61	0.51	0.18	0.52	0.19	0.18	0.50	0.10	0.37	0.08	0.51	0.17		
26	0.34	0.09	0.30	0.25	0.12	0.02	0.13	0.70	0.02	0.02	0.50	0.50	0.23	0.51	0.18	0.16	0.52	0.03	0.48	0.05	0.46	0.01	0.67	

Fig. 3-3 住棟単位の相関分析結果

3.3.2 住宅団地単位のロジスティック回帰分析

本節では、前節の結果を踏まえ、分析対象を住棟単位から住宅団地単位へと変更して分析を行う。予測対象は「活用計画 2) 対象住棟対象住宅団地のうち今後 10年で再編予定の住宅団地(以降「再編 10年住宅団地」と記す)」である。ロジスティック回帰分析にあたり、初めに変数を選択する。手持ちのデータ(Tab. 3-3 (左))について、それぞれの項目について相関係数を計算する(Fig. 3-4)。多重共線性を避けるため、相関係数がおおよそ 0.7以上の項目を回帰分析に使用する項目から除外する。使用する項目は(Tab. 3-3 (右))に示す。

Tab. 3-3 住宅団地単位の分析で使ったデータ
(左) 相関分析に使用したデータ (右) ロジスティック回帰分析に使用したデータ

番号	項目	番号	項目
1	棟数	1	棟数
3	平均管理戸数(1棟当たり)	3	平均管理戸数(1棟当たり)
32	市区町村での府営住宅率	32	市区町村での府営住宅率(管理戸数)
38	住棟密集度	38	住棟密集度
34	平均駅徒歩(分)	34	平均駅徒歩(分)
39	平均敷地面積(棟ごと)	39	平均敷地面積(1棟あたり)
5	土地現在価格(平米あたり)	5	土地現在価格(平米あたり)
37	最寄り駅の平均乗降客数(人/日)	37	最寄り駅の平均乗降客数(人/日)
7	築年数の最大値	7	築年数の最大値
9	RC割合	9	RC割合
14	高層棟割合	17	平均入居率
16	総空き戸数	23	65歳以上の入居者の割合
17	平均入居率		
19	平均世帯人数		
21	20歳未満の入居者の割合		
23	65歳以上の入居者の割合		
25	EV設置割合		
27	片廊下型住棟の割合		

	1	3	32	38	34	39	5	37	7	9	14	16	17	19	21	23	25	27
1																		
3	0.34																	
32	0.10	0.08																
38	0.64	0.20	0.22															
34	0.36	0.14	0.05	0.21														
39	0.21	0.34	0.06	0.13	0.07													
5	0.00	0.23	0.26	0.08	0.07	0.00												
37	0.09	0.04	0.05	0.01	0.30	0.18	0.18											
7	0.38	0.41	0.06	0.29	0.23	0.44	0.12	0.01										
9	0.13	0.41	0.08	0.06	0.08	0.05	0.14	0.12	0.31									
14	0.36	0.75	0.00	0.27	0.22	0.35	0.16	0.02	0.49	0.35								
16	0.73	0.00	0.21	0.47	0.26	0.09	0.06	0.04	0.30	0.02	0.11							
17	0.31	0.21	0.22	0.28	0.20	0.10	0.28	0.06	0.38	0.02	0.31	0.58						
19	0.03	0.15	0.03	0.04	0.01	0.16	0.01	0.10	0.16	0.27	0.16	0.05	0.07					
21	0.04	0.13	0.04	0.03	0.01	0.16	0.14	0.12	0.26	0.36	0.09	0.14	0.19	0.60				
23	0.06	0.21	0.10	0.08	0.02	0.26	0.13	0.15	0.11	0.30	0.23	0.04	0.04	0.81	0.78			
25	0.33	0.67	0.00	0.23	0.20	0.30	0.11	0.01	0.53	0.28	0.87	0.09	0.28	0.25	0.10	0.29		
27	0.38	0.52	0.02	0.30	0.21	0.36	0.05	0.06	0.78	0.10	0.71	0.17	0.29	0.10	0.11	0.13	0.81	

Fig. 3-4 住宅団地単位の相関分析結果

変数選択は前節と同様に変数増減法で行い、Wald統計量を判定の基準とする。回帰分析の結果、回帰式に用いられる変数はTab. 3-4のようになった。各項目の数値に表中Bの列の係数を掛けることで、再編対象となる予測確率が得られる回帰式となる。つまり、ロジスティック回帰式は次のようになる。

$$\text{予測確率} = 0.68 \times \text{築年数の最大値} + 3.37 \times \text{RC造の割合} - 13.31 \times \text{65歳以上の入居者の割合} - 30.36$$

それぞれの有意確率は有意水準 $\alpha = 0.05$ より小さいので予測に役立つ共変量であると考えられる。また、調整済みオッズ比(Tab. 4中Exp(B)の列)からRC造の割合と築年数の最大値の寄与率が高いことが読み取れる。

数理モデルの当てはまりの良さを示すCoxSnellR2乗値が0.4239、NagelkerkeR2乗値が0.754となり、同様に当てはまりの良さの指標の一つであるMcFaddenの疑似R2乗値は0.663となったことから、本数理モデルは比較的当てはまりが良いと考えられる。

また、このモデルの有意確率は0.001未満となり、有意水準 $\alpha = 0.05$ より小さいので求めた式は予測に役立つことと考えられる。

また、HosmerとLemeshowの検定から検定統計量がカイ2乗値=4.819、その有意確率=0.777となり有意水準 $\alpha = 0.05$ より大きいためこのモデルがデータに適合していることが示された。

回帰式によるモデルの正答率をTab. 3-5に示す。Tab. 3-5より廃止住宅団地で76.2%、それ以外の住宅団地で96.8%の正答率であった。ここではオフセット値は0.5とし、回帰式で予測確率が0.5以上となった住宅団地を再編対象とカウントしている。また、予測確率と実際の再編住宅団地の散布図はFig. 3-5のようになる。最後に、各住宅団地のてこ比を用いて外れ値を調べる(Fig. 3-6)。一般に0.5以上のデータは外れ値である可能性が高いが本分析では特に外れ値は示されなかった。

以上の結果より、大阪府では住棟単位ではなく住宅団地単位での特徴に基づいて再編方針を検討していることが読み取れる。また、築年数など3つの因子から回帰式が得られることから、再編対象の住宅団地を決定する際に基本方針に沿った築年数を基準とする判断をしており、多くの項目を検討できていないことが推察される。

Tab. 3-4 ロジスティック回帰分析の結果

	B	標準誤差	Wald	自由度	有意確率	Exp(B)
築年数の最大値	0.68	0.13	26.52	1	2.61E-07	1.98
RC割合	3.37	1.33	6.39	1	1.15E-02	29.08
65歳以上の入居者の割合	-13.31	4.29	9.61	1	1.94E-03	0.00
定数	-30.36	5.56	29.78	1	4.84E-08	0.00

Tab. 3-5 数理モデルの正答率

	それ以外	再編対象	正答率
それ以外	217	7	96.88
再編対象	10	32	76.19
全体の正答率			93.61

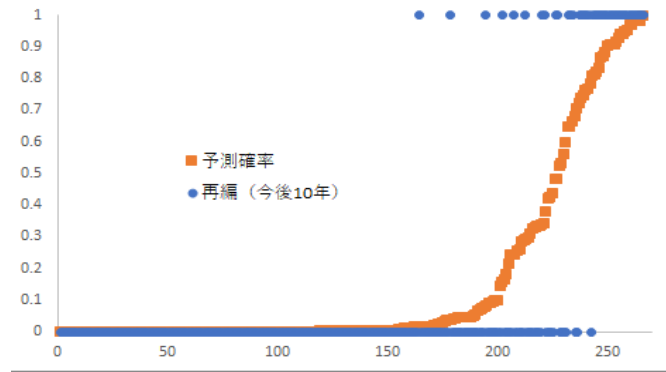


Fig. 3-5 予測確率と実際の再編住宅団地の散布図

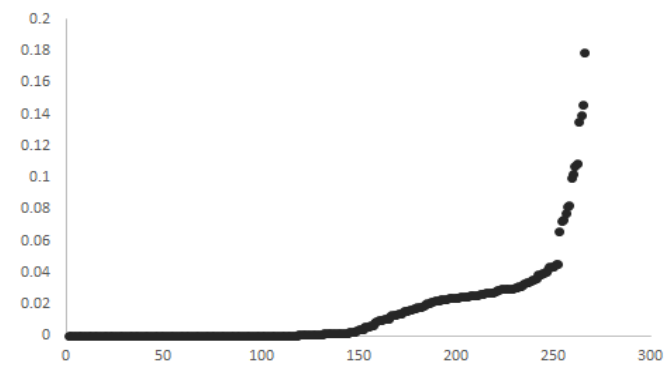


Fig. 3-6 てこ比と実際の再編住宅団地の散布図

3.4 主成分分析を用いたデータの縮約と特徴把握

3.4.1 主成分分析の結果と解釈

大規模なデータセットの特徴を把握しやすくするため、主成分分析を用いて複数あるデータを少数の合成変数に縮約する。

主成分分析に用いる項目は、前章のロジスティック回帰分析(住宅団地単位) に用いた項目と同様とする。主成分分析を行った結果のスクリープロット(回転前) を Fig. 3-7に示す。ここから、固有値が 1以上の第 5 主成分までを有効な主成分とする。

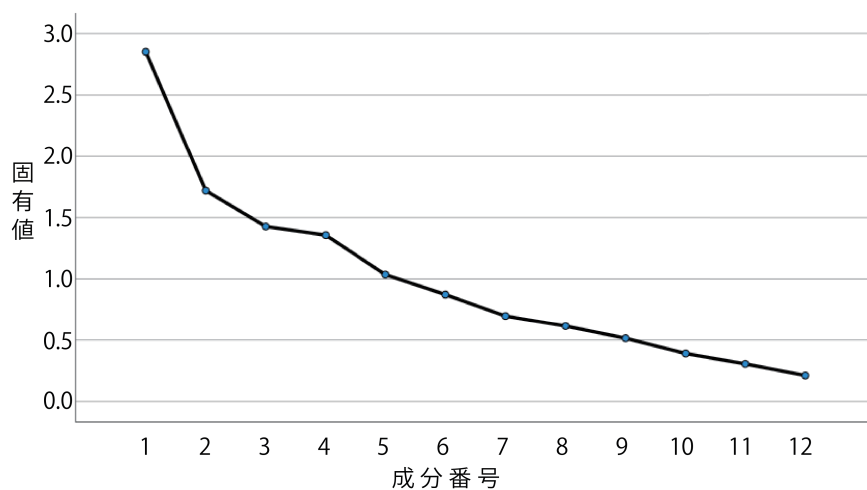


Fig. 3-7 大阪府営住宅を対象とした主成分分析結果のスクリープロット(回転前)

抽出後、バリマックス回転をかけた各成分とそれぞれの主成分の負荷平方和、寄与率、累積寄与率を示す (Tab. 3-6)。

Tab. 3-6 大阪府営住宅を対象とした主成分分析結果

番号	因子	主成分				
		1	2	3	4	5
1	平均敷地面積(1棟あたり)	-0.803	-0.138	0.056	-0.102	0.249
2	築年数の最大値	0.738	0.246	0.356	-0.301	0.152
3	平均管理戸数(1棟当たり)	-0.602	-0.056	0.503	0.249	-0.192
4	住棟密集度	0.099	0.861	-0.063	-0.082	0.071
5	棟数	0.282	0.776	-0.137	-0.028	0.288
6	RC割合	-0.106	0.000	-0.889	-0.060	0.103
7	65歳以上の入居者の割合	-0.103	-0.179	0.615	-0.002	0.336
8	土地現在価格 (平米あたり)	-0.013	0.109	0.196	0.836	0.069
9	平均入居率	-0.210	-0.291	-0.067	0.643	-0.119
10	最寄り駅の平均乗降客数	-0.190	0.059	0.168	0.156	0.716
11	平均駅徒歩 (分)	0.137	0.226	-0.098	-0.145	0.700
12	市区町村での府営住宅率	-0.320	0.457	0.153	-0.483	-0.333
因子負荷量 (回転後)		1.865	1.818	1.678	1.564	1.467
寄与率		15.543	15.149	13.982	13.036	12.224
累積寄与率		—	30.693	44.675	57.711	69.935

分析結果を解釈した結果を以下に示し、Tab. 3-7にまとめる。この時、第1成分は視覚的に分かりやすいように正負反転して表示する。またこれ以降の第1成分も正負反転したものを示す。

Tab. 3-7 大阪府営住宅を対象とした主成分分析結果の解釈

成分	解釈	特徴（正方向 ※第1成分は正負反転）
第1成分	総合的な課題度	古い、住棟と敷地が小さい
第2成分	移転先住戸の確保容易度	住宅団地の棟数が多い、小学校区内に住棟が多くある
第3成分	入居者の高齢化度	高齢化率が高い、平均管理戸数が多い、RC以外の構造
第4成分	住宅団地の人気度	土地の価格が高い、入居率が高い
第5成分	最寄り駅の規模	最寄り駅の平均乗降客数が多い、駅から遠い

第1成分は正の値が大きいほど「築年数が大きい」「平均管理戸数が少ない」「平均敷地面積が小さい」傾向がある。主成分分析の第1成分はそのデータセットの特徴を最も反映している成分であること、第1成分に寄与している変数が主に築年数および住棟や敷地の小ささであり、築年数は再編計画を策定する上で重要度が高い項目であること、住棟や敷地の小ささは建替えを進める上で転居や売却の難易度が上がる要因となることの3点から第1成分を「総合的な課題度」と解釈する。

第2成分は正の値が大きいほど「住宅団地の棟数が多い」「小学校区内に住棟が多くある」という傾向があり、住棟がどの程度密集しているかを表している。住宅団地の棟数では、棟数が多いほどある住宅団地で新築建替えを行う際に仮転居の候補を多数示すことができ、住棟密集度（同一小学校区内に存在する住棟数）では、あるエリアに多くの住棟が存在する場合、再編事業開始から新築住宅団地竣工まで待つことができない事情がある入居者が、生活環境を大きく変えることなく近隣の別の住宅団地へ移転できる。すなわち、近隣に住棟が多数存在する方が移転先住戸の確保が進みやすいと考えられるため、ここでは第2成分を「移転先住戸の確保容易度」と解釈する。

第3成分は正の値が大きいほど「高齢化率が高い」「平均管理戸数が多い」「構造形式がRC以外」という傾向があり、これを「入居者の高齢化度」と解釈する。

第4成分は正の値が大きいほど「土地の価格が高い」「入居率が高い」という傾向があり、これを「住宅団地の人気度」と解釈する。

第5成分は正の値が大きいほど「最寄り駅の平均乗降客数が多い」「駅から遠い」傾向があり、これを「最寄り駅の規模」と解釈する。

3.4.2 主成分分析の解釈と再編事業との対応

Tab. 3-8に主成分と再編計画の関係を考察した結果を示す。

第1成分は住宅団地の総合的な課題度を表しており、再編対象となるのメインの指標になると考えられる。第2成分は移転先住戸の確保容易度を表しており、再編の取り掛かりやすさの指標として有効であると考えられる。第3成分は入居者の高齢化度を表しており、EVの設置有無を住棟ごとに確認することで、高齢化対応が必要な住宅団地を判別できると考えられる。第4成分は住宅団地の人気度を表しており、事業実施時期の目安を検討する際に有効であると考えられる。第5成分は最寄り駅の規模を表している。最寄り駅の規模から推測できる土地の利便性等が再編事業の検討に有用であるという考え方もある一方で、土地の利便性等については第4成分の住宅団地の人気度(土地の売却価格)がより直接的に反映している。したがって本論では第5成分は再編事業の検討に大きくは影響しないものとする。

Tab. 3-8 大阪府営住宅を対象とした主成分分析結果と再編計画との関係

成分	解釈	再編との関係
第1成分	総合的な課題度	正の値が大きいほど再編対象になりうる
第2成分	移転先住戸の確保容易度	正の値が大きいほど少ない住宅団地での再編に向いている＝取り掛かりやすい 負の値が大きいほど複数の住宅団地での再編に向いている＝取り掛かりにくい
第3成分	入居者の高齢化度	(EVがない場合) 正の値が大きいほどEV設置または再編対象になりうる
第4成分	住宅団地の人気度	正の値が大きいほど再編に取り掛かりやすい
第5成分	最寄り駅の規模	(あまり関係がない)

3.5 クラスタ分析を用いた再編優先順位の付与手法の検討

3.5.1 非階層クラスタ分析の検討

非階層型クラスタ分析を用いて、似たデータの特徴を持つ住宅団地同士をクラスタリングする。この時、クラスタの中心の座標を確認することでそのクラスタ全体の特徴をつかむことができる。この特徴から、住宅団地の再編対象としての特徴を相対評価することができ、事業実施における基本的な優先順位を落とし込む。

本論の非階層型クラスタ分析ではK-Means法とVBGMMを併用する。K-Means法は統計分析ソフト SPSSを用い、VBGMMはPython3のライブラリ Scikit-learnを用いる。

既往研究⁽¹⁾ で用いた SPSSでの K-Means法は、尤度が最も低い乱数を採用する⁽³⁾ ため、乱数の影響がなくクラスタが一意に定まるというメリットがある。一方で、初めにクラスタ数決め打ちする必要がある、その決め打ちしたクラスタ数が正しい保証はないというデメリットがある。2次元の散布図の場合、クラスタリングの正確性をある程度視覚的に判断できるため、既往研究⁽¹⁾ では K-Means法を採用している。一方、本論では最終的に4次元のクラスタリングを行うため視覚的に判別できない。

このデメリットに対して、別の非階層クラスタリング分析手法であるVBGMMを活用する。Scikit-learnでのVBGMMは初めにクラスタ数を決め打ちをせず適切なクラスタ数が自動的に求まる。クラスタ数の最大値を制限する必要があるが、全要素数(=本分析では全住宅団地数)以上のクラスタには分かれられないので、今回は全住宅団地数である266をクラスタ数の上限とすることで、その影響は排除できる。VBGMMの欠点は、乱数を使用しているため、実行結果にブレが生じることである。例えば、一度分析を実行してクラスタ数が6と出た後でも、再度実行した場合クラスタ数が7となることがある。これについては、ランダムシードを一つの値に決めることで、実行結果が同じ値となり、実験の再現性を保つことができる。ただし、シード値を固定しても、そのシード値が正しい値である保証はない。競技プログラミングなどではいくつかのシード値を試し、一番好ましい結果を提出することもあるが、その手法では恣意性が否めない。各クラスタ分析のメリットとデメリットをTab. 3-9に示す。

Tab. 3-9 各クラスタ分析手法のメリットとデメリット性

	メリット	デメリット
K-means	乱数の影響がない	クラスタ数を初めに決め打ちする必要がある
VBGMM	適切なクラスタ数が自動で求まる	乱数・シード値により出力結果にブレがある

そこで、VBGMMのあるシード値での試行を、正しいクラスタ数が出る確率 r 、成功確率 q 、試行回数 n の二項分布 $r \sim B(n,)$ と見立てる。この時十分大きい試行回数(今回は1000回)を行うことで、この二項分布は平均 p 、分散 $np(1-p)$ 、母標準偏差の正規分布と近似的にみなすことができる。これにより、この試行のヒストグラムと95%信頼区間および標本平均を求めることができ、ここから母標本平均を推定できる、つまり、VBGMMを十分大きい数試行することで統計的に信頼できるクラスタ数を推定することができる。

ただし、統計的に信頼できるクラスタ数がわかったとしても、VBGMMではシード値によりクラスタの分け方を一意に決めることができない。そこで K-Means法に戻り再度クラスタリングを行う。先述したように、K-Means法は初めにクラスタ数を指定すれば乱数の影響を排除できる、今回はこのクラスタ数に VBGMMで求め

た統計的に信頼のおけるクラスタ数を採用する。これにより、信頼性の高いクラスタ数でかつ乱数の影響を排除したクラスタリングを行うことができる。以上の流れを図式化して Fig. 3-8 に示す。

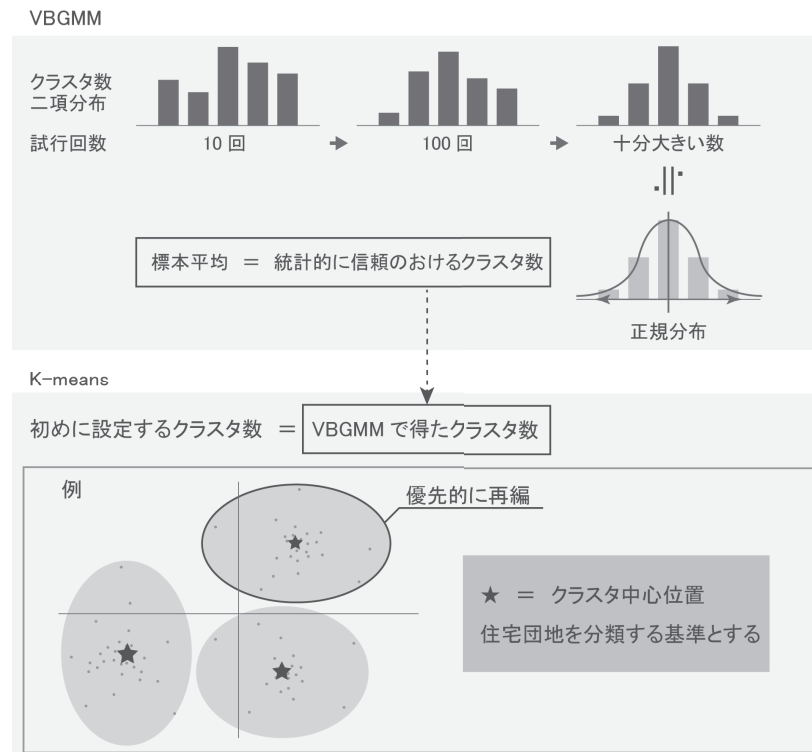


Fig. 3-8 本論で提案する非階層クラスタ分析の流れ

3.5.2 VBGMMを用いた統計的に信頼のおけるクラスタ数の導出

主成分分析で得られた各住棟の主成分得点をクラスタ分析の変数に取る。今回は第5成分を除く以下の4つの主成分を用いる。

- ・第1成分: 総合的な課題度
- ・第2成分: 移転先住戸の確保容易度
- ・第3成分: 入居者の高齢化度
- ・第4成分: 住宅団地の人気度

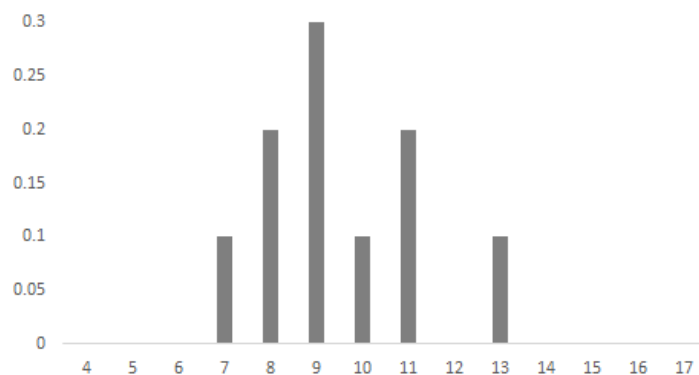
Pythonの機械学習ライブラリ Scikit-learnを用いて VBGMMを実行する。実行環境は以下のとおりである。

- ・言語: Python3.8.8
- ・実行環境: Jupyter Lab (Version 3.0.14)

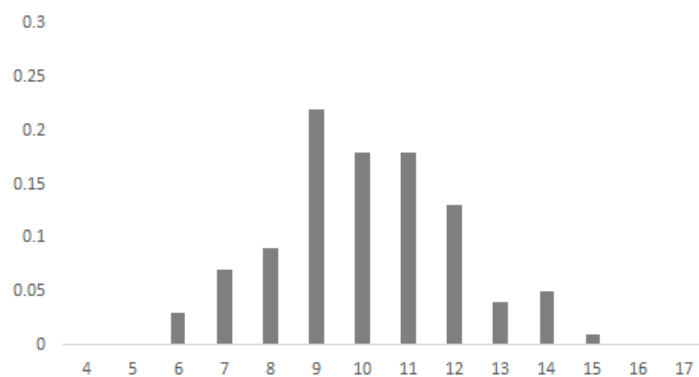
上記主成分に `sklearn.mixture.BayesianGaussianMixture` を実行することで VBGMMを行うことができる。最大のクラスタ数を266(全要素数)、ランダムシードを `i` として1から1000まで変化させて実行する。`max_iter` は十分大きい値として1000とした (`n_components=266`、`max_iter=1000`、`random_state=i`)。

実行結果のクラスタ数の度数分布を試行回数別に Fig. 3-9に示す。それぞれのグラフの度数は全試行回数で割ることによって標準化している。1000回試行した結果を正規分布に近似した時のヒストグラムを Fig. 3-10に示す。またこの時の標本平均、標準偏差、不偏分散、標準誤差と標本平均の95%信頼区間を Tab. 3-10に示す。

実際のクラスタ数は整数値であるため、Tab. 3-10に示す標本平均に最も近くかつ最頻値である整数値のクラスタ数10を採用する。



(a) 試行回数 10 回



(a) 試行回数 100 回

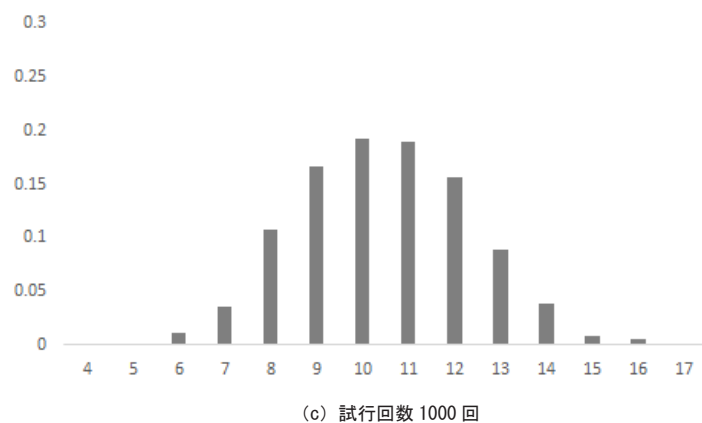
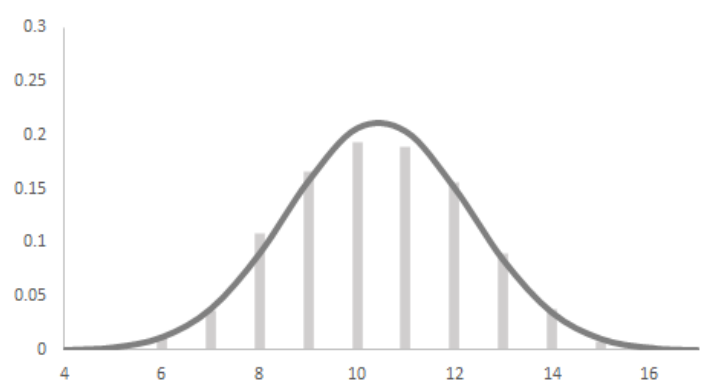


Fig. 3-9 試行回数別のクラスタ数の標準度数分布



Tab. 3-10 近似した正規分布の基本統計量

基本統計量		標本平均の95%信頼区間	
標本平均	10.452	最大値	10.568
標準偏差	1.875	最小値	10.336
不偏分散	3.515		
標準誤差	0.059		

3.5.3 VBGMMで得たクラスタ数を用いた K-Means法によるクラスタ分析

前節の VBGMMで得られたクラスタ数 10をデフォルトのクラスタ数として用いる。Tab. 3-11にクラスタ分析結果として各クラスタの住宅団地数・管理戸数とクラスタの中心距離を示す。Tab. 3-11は第 1成分の総合的な課題度の降順として示している。

例えば、クラスタ 1は総合的な課題度と入居者の高齢化度が高い一方で移転先住戸の確保容易度が低い。実際に含まれている住宅団地は、築年数が古く、高層の住棟が少数含まれる住宅団地であった。高層のためエレベーターが設置されており、高齢者も住み続けられるため、入居者の高齢化率が高くなっていると考えられる。移転先住戸の確保容易度については、住宅団地内の棟数が少ないため、仮移転の候補が少なくなっていると考えられる。

Tab. 3-11 各クラスタの住宅団地数・管理戸数とクラスタの中心距離

クラスタ	住宅団地数	管理戸数	課題度	移転先確保容易度	高齢度	人気度
1	11	3978	0.8045	-0.5446	2.7207	-0.1204
3	93	19378	0.3875	-0.5457	-0.3883	0.2324
6	35	21262	0.3436	1.2562	-0.2966	0.8083
4	35	19288	0.1859	1.3107	-0.1039	-1.0254
2	7	3304	0.1408	-0.1486	3.5494	1.0169
7	43	9749	0.1107	-0.6675	-0.2712	-1.0656
8	2	762	-1.0832	2.3572	3.4960	-0.9346
10	31	12429	-1.1097	-0.1949	-0.0543	1.1839
9	2	92	-3.5839	-1.7587	0.8864	-2.2595
5	7	2140	-3.6329	0.2126	-0.0087	-0.6146

3.5.4 クラスタ分析結果に基づく再編事業の優先順位の提案

前章までの主成分分析やクラスタ分析で得られた主成分得点やクラスタ数、住宅団地ごとのクラスタ分類などの指標は、再編計画を検討する際の大まかな住宅団地の分類に用いることができる。本章では、こうしたアウトプットを元に実際に再編計画の検討を行う流れを、大阪府営住宅を対象に例示する。大阪府営住宅のうち、今後 10年間で再編対象となっている住宅団地(再編 10年住宅団地) に対し、優先的に事業実施する住宅団地を検討する。

Tab. 3-12に再編 10年住宅団地の所属するクラスタのみを抽出した各クラスタの住宅団地数とクラスタの中心距離を示し、Tab. 3-13に住宅団地ごとの主成分得点とクラスタを示す。ここで、個人情報保護のため、各住宅団地には仮の名前をつけている。

Tab. 3-12 各クラスタの住宅団地数・管理戸数とクラスタの中心距離 【再編 10 年住宅団地】

クラスタ	住宅団地数	管理戸数	課題度	移転先確保容易度	高齢度	人気度
1	11	3978	0.8045	-0.5446	2.7207	-0.1204
3	93	19378	0.3875	-0.5457	-0.3883	0.2324
6	35	21262	0.3436	1.2562	-0.2966	0.8083
4	35	19288	0.1859	1.3107	-0.1039	-1.0254
7	43	9749	0.1107	-0.6675	-0.2712	-1.0656

Tab. 3-12などの再編 10年住宅団地はクラスタ 1、3、4、6、7に含まれていることが分かる。総合的な課題度が高い住宅が多いクラスタ 1、3は相対的に移転先住戸の確保容易度が低く、住宅団地の人気度はそこまで低くない。総合的な課題度が高い住宅団地が多いクラスタ 1、3が本来優先的に再編したいクラスタであると考えられる。本来優先的に再編したい住宅団地で移転先住戸の確保容易度が低く、住宅団地の人気度がそこまで低くないことが、入居者の移転先を見つけることや入居者全員の同意を得る上で障害となっていると考えられる。そこで、本論では課題度を除く 3つの主成分に着目し、優先順位を提案する。

まず、入居者の高齢度について、A住宅のみとびぬけて高い数値となっている。A住宅は 1棟の中層棟のみエレベーターが設置されておらず、設置を検討することも考えられる。今回の分析では他の住宅団地に入居者の高齢度で大きな差がないため、再編事業の優先順位を検討する際に影響はないとみなす。

クラスタ分析結果を元に再編事業の優先順位を検討する場合、自治体の方針によって複数の事業計画パターンがありうる。本論では考え得る 2つのパターンを提案する。

【パターン①】人気度が相対的に低いクラスタから着手する

住宅団地の人気度のクラスタ中心の値が小さく、移転先住戸の確保容易度のクラスタ中心の値が大きいクラスタに所属する住宅団地から再編事業に取り掛かることで円滑に事業を進められる可能性が高い。このクラスタは住宅団地の人気度が低いことから同意を得る入居者数が少なく理解を得やすいと考えられ、複数の住宅団地が密集していることから入居者の移転候補を検討しやすいことが考えられる。上記のクラスタとして一番当てはまるのはクラスタ 4であり、クラスタ 4に所属する 15の住宅団地を優先度 1位とみなす。

続いて、移転先住戸の確保容易度は低い最も住宅団地の人気度が低いクラスタ 7を優先順位 2位とする。こうした住宅団地の人気度が低いクラスタに取り掛かっている間に、残り 3つのクラスタの住宅団地を募集

Tab. 3-13 再編10年住宅団地の主成分得点とクラスタ

住宅団地名	課題度	密集度	移転先確保容易度	人気度	クラスタ
A	0.919	-0.559	2.875	-1.001	1
B	1.111	-0.212	-0.033	-0.334	3
C	0.995	0.274	-0.057	-0.349	3
D	0.982	-0.823	0.091	-0.118	3
E	0.947	-0.715	-0.310	0.375	3
F	0.910	-0.541	0.172	-0.509	3
G	0.908	-0.089	-0.004	-0.351	3
H	0.905	-1.174	0.269	0.037	3
I	0.842	0.095	-0.167	0.440	3
J	0.792	-0.747	0.448	0.848	3
K	0.770	-1.024	-0.086	-0.424	3
L	0.624	-0.165	-0.535	0.136	3
M	0.622	-0.682	0.319	-0.196	3
N	0.856	1.654	0.113	-0.297	4
O	0.810	2.089	0.133	-0.562	4
P	0.791	1.498	0.350	-0.805	4
Q	0.747	1.194	0.038	-1.969	4
R	0.684	0.392	0.123	-0.704	4
S	0.660	0.453	-0.096	-1.741	4
T	0.627	0.586	0.232	-1.381	4
U	0.556	2.033	-0.193	-0.293	4
V	0.355	1.079	-0.129	-0.453	4
W	-0.001	2.851	0.091	-2.299	4
X	-0.072	1.551	0.216	-1.263	4
Y	-0.151	1.144	0.075	-1.347	4
Z	-0.180	1.350	0.164	-1.214	4
AA	-0.197	2.200	0.384	-1.153	4
AB	-0.239	3.488	0.718	-2.395	4
AC	1.273	1.522	-0.160	2.016	6
AD	0.832	0.513	0.093	0.007	6
AE	0.806	0.983	0.331	0.410	6
AF	0.654	1.733	0.134	0.208	6
AG	0.615	1.157	-0.190	0.318	6
AH	0.455	2.820	-0.206	0.407	6
AI	1.195	-0.608	-0.285	-0.798	7
AJ	0.983	-0.276	0.143	-1.849	7
AK	0.979	-1.313	0.272	-1.093	7
AL	0.971	-1.241	-0.058	-1.991	7
AM	0.948	0.267	-0.495	-1.263	7
AN	0.696	-0.489	-0.206	-1.628	7
AO	0.652	-0.055	0.411	-2.181	7
AP	0.458	0.199	0.526	-2.827	7

停止し入居率を下げることで、入居者数が少なくできる。

クラスタ 3は住宅団地の人気度が低いが移転先住戸の確保容易度も低く、クラスタ 6は移転先住戸の確保容易度が高いが住宅団地の人気度も高い。この 2つのクラスタについてどちらを優先するか判断が難しいが、移転先住戸の確保容易度が高いクラスタの方が既往研究⁽¹⁾ のアルゴリズムを用いることで、再編可能な組合せを検討しやすくなると考えられる。ここから、移転先住戸の確保容易度が高いが住宅団地の人気度も高いクラスタ 6を優先順位 3位とする。

最後に、残されたクラスタ 1、3を優先順位 4位とする。クラスタ 1、3を分ける要因は総合的な課題度と入居者の高齢度であるが、今回この要素は考慮していないため、他の 2要因が類似しているこの 2つのクラスタを同列に扱う。

以上の内容を Tab. 3-14に簡潔にまとめる。

【パターン②】事業の説明のしやすさを優先する

パターン①とは異なり、人気度が高い住宅団地は建替えた場合に良い住環境になる入居者も多く、優先して建替える方が良いという自治体の方針もあり得る。また、移転先住戸の確保容易度が高い住宅団地の周囲には同時期に開発された市営・町営住宅も存在し、市営・町営住宅を管理する自治体とのまちづくりの議論に多くの時間を割く方針もあり得る。つまり、人気度が高い住宅団地の再編事業の優先度が高く、移転先住戸の確保容易度が高い住宅団地の優先度が低くなるため、人気度の最も高いクラスタ 6が優先順位 1位、人気度が中程度のクラスタ 1、3が 2位、人気度が低いクラスタの内、移転先住戸の確保容易度が低いクラスタ 7が 3位、最後にクラスタ 4が 4位となる。以上の内容を Tab. 3-15に簡潔にまとめる。

Tab. 3-14 再編事業の実施優先順位検討フロー【パターン①】

		移転先住戸の確保容易度	
		高	低
人気度	高	②-1 (3位) = クラスタ 6	
	中		②-2 (4位) = クラスタ 1, 3
	低	①-1 (1位) = クラスタ 4	①-2 (2位) = クラスタ 7

Tab. 3-15 再編事業の実施優先順位検討フロー【パターン②】

		移転先住戸の確保容易度	
		高	低
人気度	高	① (1位) = クラスタ 6	
	中		② (2位) = クラスタ 1, 3
	低	③-1 (4位) = クラスタ 4	③-2 (3位) = クラスタ 7

この分析結果を基に大阪府と協議を行い、実際の計画に盛り込むためのフィードバックを受けた。例えば、パターン 1で再編優先度が高いとされたクラスタ 4に含まれる一部の住宅団地について、大阪府も課題があることを認識しており、再編の優先度が高いという分析結果に対して一定の妥当性があることを確認できた。一方で、これらの住宅団地は市営住宅が多数存在するエリアに位置しているため、市との協議が重要であり、一概に再編を進めることは難しいとのコメントを受けた。

ここから、府営住宅およびの県営住宅や道営住宅の分析においては、市や道、県からの協力や情報提供が不可欠であり、効果的な分析を行うためには、市営などの他の自治体についても十分なデータ収集を行う必要があるという知見を得た。

3.6 中小規模自治体での応用可能性検証

3.6.1 分析対象の住宅団地とそのデータ

これまでに検証した手法は、自治体の規模に関係なく適用可能であるが、その有効性は特に小規模から中規模の自治体においては未検証であった。そこで、こうした自治体を対象に分析を行い、有用性を評価する。

具体的には、宮崎県日向市の市営住宅に焦点を当て、提案手法の有効性を検証する。日向市は約 60,000 人の人口を有しており、人口 20 万人未満の市町村における人口の平均値 65,051 に近く、今回の分析の目的に適している⁽⁴⁾。

使用するデータには、日向市が所有する公営住宅のデータ、住民データ、および国土数値情報ダウンロードサイトから入手したオープンデータを使用する。使用するデータは Tab. 3-16 に示す。相関係数が 0.7 を超える一部の変数は多重共線性を避けるために除外した。公示地価は国土数値情報ダウンロードサイト⁽⁵⁾を用い、それ以外のデータは日向市から提供を受けた。日向市から提供されたデータは、日向市建設部建築住宅課の協力により個人が特定できないデータとして取得した。

Tab. 3-16 日向市営住宅の分析に使用したデータ

番号	項目	番号	項目
1	平均管理戸数(戸)	7	空き戸数(戸)
2	住棟密集度(棟)	8	入居率(%)
3	1 棟当たり敷地面積(平米)	9	20歳未満の入居者の割合(%)
4	公示地価(円)	10	65歳以上の入居者の割合(%)
5	築年数(年)	11	階段室型の割合(%)
6	構造種別	12	戸当たり駐車台数充足率(%)

3.6.2 主成分分析の結果と解釈

Tab. 3-16の項目を主成分分析にかける。抽出の基準は回転前の固有値が1以上である主成分とし、固有値が1以上の第4主成分までを有効な主成分とする。主成分分析を行った結果のスクリープロット(回転前)をFig. 3-11に示す。ここから、固有値が1以上の第4主成分までを有効な主成分とする。

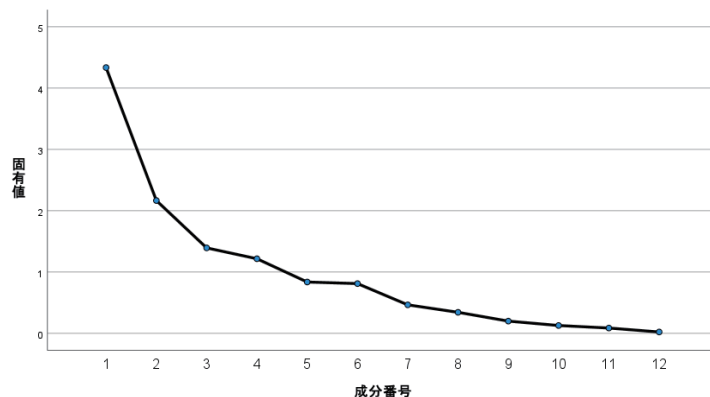


Fig. 3-11 日向市営住宅を対象とした主成分分析結果のスクリープロット(回転前)

抽出後、バリマックス回転をかけた各成分とそれぞれの主成分の固有値、寄与率、累積寄与率を示す(Tab. 3-17)。そして、これを基に解釈を行った結果以下に示し、Tab. 3-18にまとめる。また、Tab. 3-19に主成分と再編計画の関係を考察した結果を示す。

Tab. 3-17 日向市営住宅の主成分分析結果

番号	因子	主成分			
		1	2	3	4
1	築年数	0.717	0.339	-0.017	-0.239
2	20歳未満の割合	-0.939	0.141	-0.147	-0.086
3	65歳以上の割合	0.875	0.161	0.149	-0.178
4	平均管理戸数	0.338	0.825	0.161	0.045
5	階段室型の割合	-0.227	0.799	-0.003	0.030
6	公示地価	0.417	0.619	0.382	-0.173
7	空き戸数	0.523	0.583	-0.300	-0.066
8	入居率	-0.533	-0.061	0.706	0.251
9	構造(RCの割合)	0.296	0.441	0.586	-0.104
10	住棟密集度(棟)	-0.135	-0.023	-0.690	0.016
11	駐車台数充足率	-0.199	-0.280	-0.082	0.859
12	棟平均敷地面積	-0.008	0.479	0.145	0.775
固有値(回転後)		3.204	2.710	1.651	1.545
寄与率		26.698	22.583	13.761	12.876
累積寄与率		—	49.281	63.042	75.918

第1成分はそれぞれの因子が再編計画策定で重要な指標であり、全体の傾向をもっとも反映している成分であることからこれを「総合的な課題度」と解釈する。再編計画策定の主たる指標となりうると考えられる。

第2成分は、この成分の得点が高い住宅団地は地価が高く管理戸数が多い住宅団地かつ空き戸数が多いことから再編に伴い有効に活用できる可能性が高いことからこの成分を「改善期待度」と解釈する。再編計画策定の副次的な指標になりうると考えられる。

第3成分は、ある地域内に少数しかない住宅団地の入居率が高いことから、これを「地域的重要度」と解釈する。第2成分と同様に副次的な再編の優先度の指標として用いることができると考えられる注1)。

第4成分は正の値が大きいほど「平均敷地面積が大きい」「駐車場の充足率が高い」という傾向があり、これを「駐車場充足度」と解釈する。再編計画の検討とも関連するが、駐車場整備事業として行われることもあり、再編の方針によって評価が分かれると考えられる。

Tab. 3-18 日向市営住宅を対象とした主成分分析結果の解釈

成分	解釈	特徴（正方向）
第一成分	総合的な課題度	高齢化率が高い、築年数が大きい、空き戸数が多い、子供の割合が低い、入居率が高い
第二成分	改善期待度	平均管理戸数が多い、階段室型である、公示地価が高い、空き戸数が多い
第三成分	地域的重要度	入居率が高い、小学校区内に住棟が少ない、構造がRCである
第四成分	駐車場充足度	平均敷地面積が大きい、駐車場の充足率が高い

Tab. 3-19 日向市営住宅を対象とした主成分分析結果と再編計画との関係

成分	解釈	再編との関係
第一成分	総合的な課題度	正の値が大きいほど再編対象になりうる
第二成分	改善期待度	正の値が大きいほど再編対象になりうる
第三成分	地域的重要度	（自治体の方針により判断が分かれる）
第四成分	駐車場充足度	（自治体の方針により判断が分かれる）

3.6.3 クラスタ分析の結果と解釈

主成分分析で得られた各住棟の主成分得点をクラスタ分析の変数に取る。まず、Pythonの機械学習ライブラリ scikit-learnを用いて VBGMを実行する。実行環境は以下のとおりである。

- ・言語: Python3.8.8
- ・実行環境: Jupyter Lab (Version 3.0.14)

4章で示した 4つの主成分に対して、十分大きい数(今回は 1000回) VBGMを行い、近似的に母標準偏差の正規分布とみなす。実行結果のクラスタ数の度数分布を試行回数別に Fig. 3-12に、その基本統計量を Tab. 3-20に示す。実際のクラスタ数は整数であるため、この標本平均に最も近くかつ最頻値である整数値のクラスタ数 7を採用する。

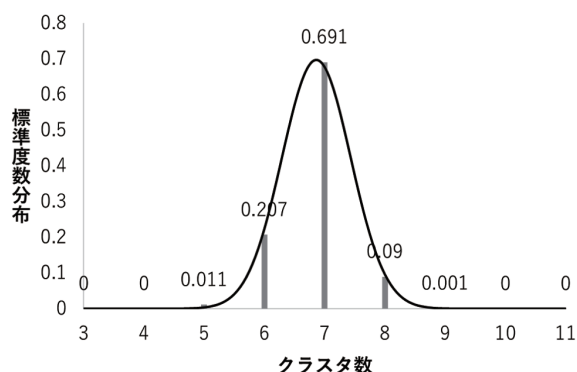


Fig. 3-12 クラスタ数の標準度数分布と近似した正規分布のヒストグラム(試行回数 1000 回)

Tab. 3-20 近似した正規分布の基本統計量

基本統計量	
標本平均	6.861
標準偏差	0.572
不偏分散	0.327
標準誤差	0.018
95%信頼区間 (最大値)	6.898
95%信頼区間 (最小値)	6.828

続いて、クラスタ数 7をデフォルトのクラスタ数として K-means法を実行する。Tab. 3-21にクラスタ分析結果として各クラスタの住宅団地数・管理戸数とクラスタの中心距離を示し、Tab. 3-22に各住宅団地の主成分得点とクラスタ、及びこれらを基に仮で設定した再編の優先順位を示す。

A住宅、B住宅は総合的な課題度が全住宅団地で最も高い。改善期待度が低いものの地域的重要度は相対的に高く、優先的に再編対象とする合理性があると考えられる。ただし、どちらの住宅団地も、自治体の判断次第で継続活用を図る方針をとる可能性はある。A住宅と B住宅の違いは駐車場の充足率であり、課題度の高さとどちらを優先するかは行政の判断によって分かれるところであるがここでは課題度の高さを優先している。

続いて再編優先度が高いクラスタはクラスタ 4である。クラスタ 4についてはすべてのクラスタの中で改善期待度が高く優先して再編する合理性があると考えられる。クラスタ 4の住宅団地の中での優先順位については課題度が高い住宅団地(C, D, E住宅など)を優先的に扱うことが合理的であると考ええる。

クラスタ 6、1、4の住宅団地で日向市営住宅の管理戸数の 91%に達する。実際の再編計画においては、

削減目標の戸数に応じて順位の上位から検討することが望ましいと考えられる。実際の再編計画においてもA住宅は再編計画に含まれ、他の住宅団地の評価も自治体担当者の認識と概ね一致しており本提案の有効性を確認することができた。

Tab. 3-21 日向市営住宅を対象としたクラスタ分析結果に基づく各クラスタの住宅団地数と中心間距離

クラスタ	住宅団地数	総合的な課題度	改善期待度	地域的重要度	駐車場充足度
6	1	1.676	-2.188	0.757	0.558
1	1	1.602	-2.084	0.418	-1.629
4	12	0.343	0.666	-0.147	-0.145
7	2	-0.474	-0.475	1.569	1.512
5	2	-0.635	-0.510	-0.713	1.742
2	2	-0.830	-0.942	-1.843	-0.466
3	2	-1.757	0.066	1.281	-1.386

Tab. 3-22 日向市営住宅を対象としたクラスタ分析結果に基づく住宅団地ごとの主成分得点、クラスタ数及び再編優先度

住宅団地名	主成分				クラスタ	再編優先順位
	1	2	3	4		
	総合的な課題度	改善期待度	地域的重要度	駐車場充足度		
A	1.676	-2.188	0.757	0.558	6	1
B	1.602	-2.084	0.418	-1.629	1	2
C	1.524	1.335	-0.432	-0.114	4	3
D	1.301	0.809	-0.278	-0.333	4	4
E	1.064	0.346	-0.123	0.141	4	5
F	0.652	1.015	0.721	0.322	4	6
G	0.215	0.685	-0.922	-0.072	4	7
H	0.181	0.026	0.073	-0.841	4	8
I	0.066	1.093	0.577	0.024	4	9
J	0.023	0.691	-0.355	0.555	4	10
K	0.000	0.665	0.266	-0.767	4	11
L	-0.046	0.985	-0.975	0.329	4	12
M	-0.418	0.620	-0.141	-0.662	4	13
N	-0.448	-0.278	-0.175	-0.315	4	14

3.6.4 日向市の中長期整備計画への反映と改善点の考察

日向市を対象とした本分析は、日向市の第2次日向市公営住宅中長期整備計画で一部参照されており、実証的な検証も進んでいる。

本手法を実際の再編計画に反映する上で、日向市特有の事情などから調整を行う必要があると考えられる要素を以下に示す。

まず、対象住宅団地についての考え方について述べる。公営住宅には、公営住宅法に基づく市営住宅以外に、改良住宅、特公賃、単独住宅、定住住宅も存在している。神戸市や大阪府での分析では市営・府営住宅とは使える補助金が異なる場合や、管理主体が違う場合もあり、市営・府営住宅と分けて検討していた。そのため、本分析でも日向市営住宅とそれ以外の住宅団地を分けて分析していたが、日向市の場合は特別会計の中で一緒に管理しており、実際の再編計画においてはまとめて方針を検討することになった。したがって、異なる管理形態や財源の違いを考慮しつつも、一貫した管理と再編の方針を策定する必要がある。

続いて、構造とその耐用年数の考え方について説明する。本分析では一貫して築年数を用いた分析を行っていたが、木造とRC造では耐用年数が異なるため、実際の再編計画においては、木造は短期利用、RC造は長期利用という形で残耐用年数に基づいて方針を検討している。つまり、構造の違いを踏まえた上で、適切な利用期間と再編の優先順位を設定することが重要である。

最後に、地域バランスについて触れる。神戸市で行った最初の分析において検討を行い、小学校区における公営住宅の住棟数を変数として用いる事が有効であった。一方で日向市の場合は小学校区で分けるとそもそも公営住宅が存在していないエリアがあるため、中学校区ごとの戸数でその立地バランスを調整する方針を取られた。このように、地域特性に応じた適切なスケールでのバランス調整が求められる。

日向市の特有の事情を踏まえた再編計画の実施には、異なる住宅形態の一貫した管理、構造別の耐用年数に基づく利用方針、そして地域特性に応じたバランス調整が重要な要素となる。これらの点を考慮し、今後の整備計画を進めていくことが求められる。

3.7 小結

本章では、自治体が所有するデータや各種オープンデータから、いくつかの教師無し機械学習の手法を組み合わせることで、どの自治体でも再現可能で、現状の指針よりも属人性を減少させた、各住宅団地の相対的な評価を可能にする主成分得点やクラスタ数、住宅団地ごとのクラスタ分類などの客観的な指標を作成する手法を開発し、大阪府営住宅の266の住宅団地と日向市営住宅の22の住宅団地に対して手法を応用させ、以下の成果を得てその汎用的な有用性を検証した。

まず大阪府営住宅についてその成果をまとめる。

ロジスティック回帰分析の結果から、大阪府営住宅では大阪府が発表する再編の基本方針が住宅団地単位で検討され、回帰式とも一貫性があることを確認し、入居率等は反映されていないことを確認した。

主成分分析の結果から、大阪府営住宅のデータは大きく5つにまとめることができ、そのうち4つは再編計画の検討に有効である可能性を指摘した。

主成分分析および非階層クラスタ分析の結果から、大阪府営住宅は10のクラスタに分けられ、今後10年間で再編予定の住宅団地はそのうち5つのクラスタに所属していることを確認した。そして、各クラスタの中心間距離を比較することで、クラスタごとに含まれる住宅団地の特徴を相対化して比較できることを示した。また、非階層クラスタ分析にはK-Means法とVBGMMを併用することで信頼性の高いクラスタ数を得られることを示した。

クラスタ分析の結果得られた住宅団地の相対的な分類は、ロジスティック回帰分析で確認した再編時に検討されている3つの項目以外の今までの再編事業計画策定時には考慮されてこなかった項目も含め、定量的に評価できる多くの項目に対し統計的に信頼性のある重みづけを与えた上での分類となっている。本論文では、この分類結果を用いることで、大阪府営住宅の今後10年間で再編予定の住宅団地に対し、2パターンの再編事業の事業実施優先順位を提案した。

続いて、日向市営住宅についてその成果をまとめる。

主成分分析の結果から、日向市営住宅のデータは大きく4つにまとめることができ、そのうち2つは再編計画の検討に有効である可能性を指摘した。

主成分分析および非階層クラスタ分析の結果から、日向市営住宅は7のクラスタに分けられ、総合的な課題度の指標と改善期待度の指標を基に、住宅団地の再編を検討する優先順位を検討した。

日向市営住宅におけるこの分析は、日向市の第2向日向市公営住宅中長期整備計画で一部参照されており、実証的な検証も進んでいる。

定量的な要素をカバーした本研究の提案手法と、各自治体が抱えるデータに現れない定性的な知見を組み合わせることで、自治体の業務を支援するコンサルタントなどの専門性の高い人材と自治体職員の協業が促進され、より効果的かつ持続可能な住宅セーフティネットの実現が期待される^{注4)}。

また、本論文で提案した手法は大規模自治体と中小規模自治体のどちらにおいても有用である事を導いた。データセットのサイズや特徴量の種類に寄らず汎用的に用いることが可能であるため、他の自治体でもその規模に寄らず同様の分析が可能だと考える。今後の課題は実際に他の自治体で検証する機会を得て本手法の有効性を実証的に確認することである。

-
- 1) 稲田浩也, 三浦研: 住棟ごとの入居者データに基づく大都市公営住宅再編計画の検討—近隣への転居容易性と建替えコストを踏まえて—, 日本建築学会計画系論文集, 第 85 巻, 第 786 号, pp. 2043–2051, 2021
 - 2) 大阪府: 大阪府営住宅ストック総合活用計画 <<https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/15894/00000000/keikaku.pdf>>
 - 3) IBM: K-Means(大規模ファイルのクラスター分析), IBM Support <<https://onl.bz/BJ5ym9Q>>
 - 4) 総務省: 各種データにみた市町村の現況について <https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/singi/chihou_seido/singi/pdf/No29_senmon_19_si1.pdf>
 - 5) 国土交通省: 国土数値情報ダウンロードサイト <<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>

第 4 章

任意の住宅団地を対象とした再編計画対象住棟の選定

4.1 本章の目的

4.1.1 先行研究の成果と課題

これまでに、自治体が所有するデータを活用し、神戸市営住宅を対象として、再編候補となる住棟の全ての組み合わせにおいて、必要な建替えコスト、削減可能な住棟数及び戸数で自動的に順位付けする転居判別アルゴリズムを作成した⁽¹⁾。実際に神戸市が再編検討中であるエリアに当てはめたところ、十分に再編案となりうる組み合わせよりも、よりコストを抑制しながら、より多くの空き住戸を削減できる住棟の組み合わせを導くことができた。

ただし、以下の2点の課題が明らかになった。

まず、総当たりで住棟の組み合わせを探索したため計算量が多くなってしまい、住棟16棟の総当たりを探索することがメモリ8GB程度の一般的なパソコンで処理できる計算量の限界であった。組み合わせ数で換算すると16棟の場合65,535通りで、17棟の場合131,071通りである。おおよそ10万通り前後に計算量の限界があったため、17以上の住棟が関わる再編計画を検討する場合は隣り合う住棟を1つの住棟にグループ化するなどして計算していた。しかし、この手法では拡張性がなく、より大規模な住宅団地や複数の住宅団地が関わるより現実的な再編計画を検討できない恐れがあった。また、総当たりのため非現実的な組み合わせも出てきてしまった。したがって、総当たりより効率的に組合せを絞り込むアルゴリズムを作成し、転居判別アルゴリズムと組み合わせることができれば、17棟以上の住棟が関わる再編計画を検討でき、より大規模かつ現実的な策定支援プログラムとなる。

加えて、余剰地の売却価格の算定に関して、以前の手法ではコストは敷地に公示地価を掛けただけであった。しかし、既報⁽¹⁾の成果を基に神戸市にヒアリングを行ったところ、実際は売却地および残された敷地それぞれに敷地内通路を介して郵便や緊急車両が乗り入れることができるかどうか、つまり、住棟同士が隣接しているかどうか。売却価格および実際に売却できるかどうか、また、残された敷地の住棟の運用に影響を与える。また、建築基準法第43条第1項の規定により、都市計画区域内の建築物の敷地は、建築基準法上の道路に2メートル以上接しなければならないとされていることから、原則として接道していない余剰地は建築物が作れない。したがって、売却地および残された敷地それぞれが接道しているかという点も同様に売却価格および実際に売却できるかどうか、また、残された敷地の住棟の運用を検討する上で重要である。

そこで本研究では、より大規模な住宅団地や複数の住宅団地でも検討できる計算量を削減したプログラムを作成する。この時、「売却地および残された敷地の住棟が隣接しているか」および「売却地および残された敷地がそれぞれ接道しているか」を考慮する。住棟同士の隣接について棟と通路を含めた概念図をFig.4-1に示す。

また、再編時の事業手法は大きく2つに分かれる(Fig.4-2)。1つは任意の住棟を廃止した後、同じ場所に新しい住棟を建設し、入居者に移転してもらった後、空いた住棟を廃止し土地を売却する事業手法(以降「新築建替え型」と称する)である。それ以外にも、任意の住棟を廃止したのち、その敷地を売却し、残りの住棟にEVを設置する事業手法(以降「EV設置型」と称する)もある。事業手法の違いは以前の手法で開発した転居判別アルゴリズムで処理を行う部分であり、新築建替え型についてはすでに既報1)で実行性を確認済みである。そこで本研究ではもう一つの主要な事業手法であるEV

設置型を対象に、転居判別アルゴリズムの実効性を確認する。

分析においては築年数などの住棟そのもののデータと、入居率などの住棟ごとのデータを活用する。

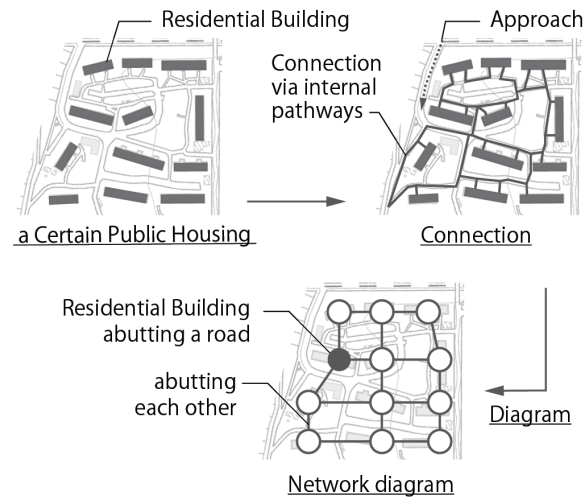


Fig. 4-1 住棟同士の隣接イメージ図

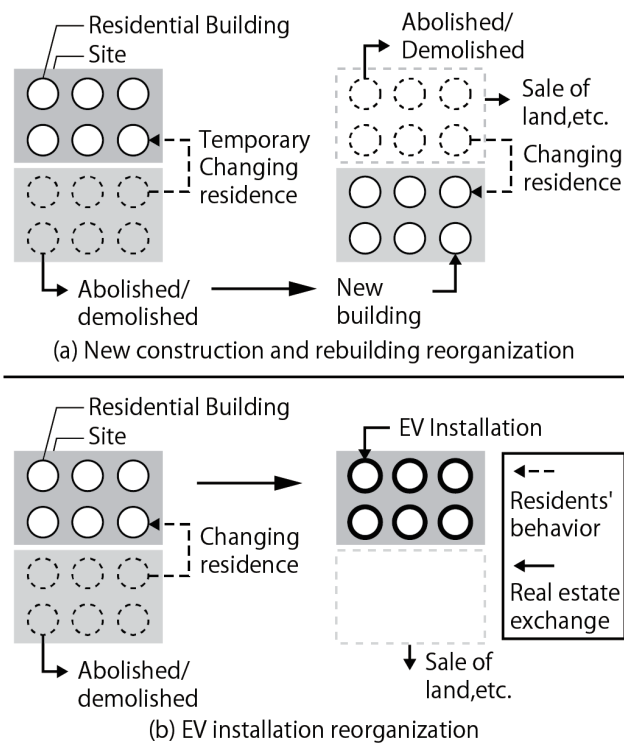


Fig. 4-2 再編事業の進行における2種類の事業手法

4.1.2 本章の目的と方法

研究の目的は、「売却地および残された敷地の住棟が隣接しているか」および「売却地および残された敷地がそれぞれ接道しているか」を考慮し、計算量を削減したアルゴリズムを作成することで、より大規模な住宅団地や複数の住宅団地でも検討できる汎用的な再編計画の検討支援手法を開発し、その有効性を検証することである。

本研究では、この目的に対し、総当たりのアルゴリズムに代わって、ある住宅団地（住棟群）において、接道している住棟から一筆書きでつながることができる住棟を全て抽出するプログラムを提案する。敷地内通路を含めて一筆書きでつながることができる住棟の組み合わせが隣接する住棟の組み合わせである。この時、住棟同士のつながりを、節点を辺でつないだネットワークである無向グラフに見立て、再帰関数を用いた深さ優先探索（Depth-First Search, DFS）をベースとしたグラフ探索アルゴリズムを作成する。Fig. 4-3に深さ優先探索のイメージ図を Fig. 4-4に今回のプログラムのイメージ図を示す。

DFSとは、グラフ探索アルゴリズムの一種である。グラフのある始点について、その始点から到達可能な頂点から、次に進む頂点のない点に行き着くまで経路を進み、次に進む頂点のない点がなくなると、最も近くの探索未完了な点に戻って探索を続けるというものである。同様の手法に幅優先探索もあるが、幅優先探索は、前回調べた頂点から1つ先の頂点をすべて調べるという探索を繰り返すものであり最短経路の探索に向いているアルゴリズムである。したがって幅優先探索では今回の全てを網羅的に探索するという目的とは一致していないため、本研究では深さ優先探索を採用する。この時、より汎用性があり、計算量を削減できるアルゴリズムを実装できる再帰関数を用いる。

なお、本論の提案手法は、多くの自治体で再編計画策定の負担を減少させ、利害関係者間の合意形成において行政の決定を支援することを目指しているが、本研究の手法は、あくまで支援ツールであり、再編可能な組み合わせを洗い出すことで、各自治体の再編計画策定の判断を支援するものである。

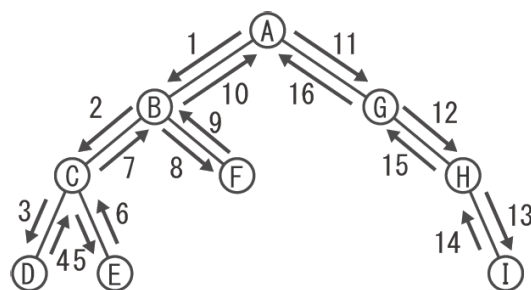


Fig. 4-3 深さ優先探索のイメージ図

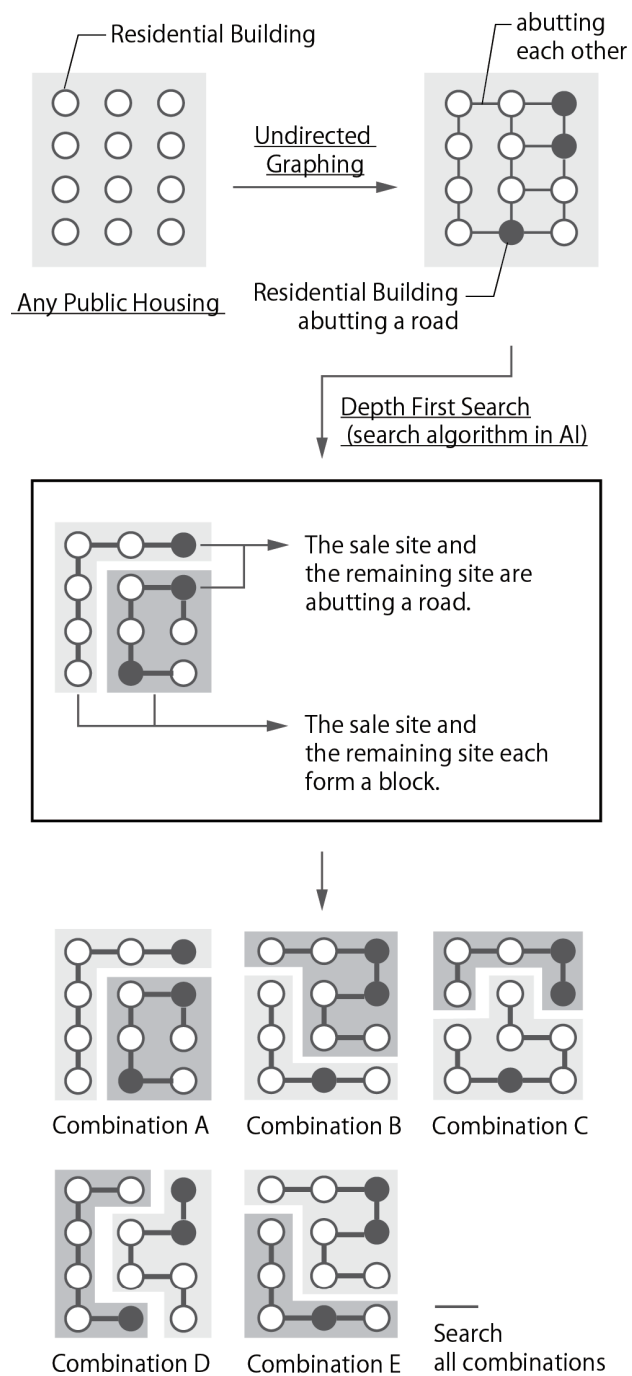


Fig. 4-4 今回のプログラムのイメージ図

4.2 分析対象の住宅団地とそのデータ

本章では、単一の住宅団地を対象としたプログラムと複数の住宅団地を対象としたプログラムを開発する。前者は神戸市営住宅を対象に、後者は日向市営住宅を対象とする。

4.2.1 対象とする神戸市営住宅の概要

本論では、神戸市営住宅のうち第 3 次住宅マネジメント計画⁽²⁾で対象になっている J 住宅と K 住宅を対象とする。この 2 住宅は、事業着手予定時期が令和 5 年度以降となっている住宅団地の中で再編対象となる住棟が 1 番多い住宅団地と 2 番目に多い住宅団地であり、かつ 17 棟以上の住棟が含まれているため、より大規模な住宅団地に対して提案手法の有用性を確かめるという目的に適していると考え、この 2 住宅を対象とした。また、事業着手時期が直近 2 年目までの住宅団地はすでに再編事業に取り掛かっているものが多いため除外して検討した。

転居判別アルゴリズムでは任意の事業実施年を設定できる。第 3 次住宅マネジメント計画⁽²⁾では令和 3 年度から 12 年度までの 10 年間を事業実施予定期間としているため、「概ね 6 年～10 年以内に事業着手する予定の住宅団地」である J 住宅では事業開始から 6 年後の令和 8 年度、「概ね 3 年～5 年以内に事業着手する予定の住宅団地」である K 住宅では事業開始から 3 年後の令和 5 年と事業実施時期をそれぞれ設定する。プライバシー保護のため、実際の住棟番号と 1 住棟を除いて各項目の情報を隠すよう処理を行った各住宅団地のデータを Tab. 4-1, 4-2 に示す。

本論文では、経過年数×4%の割合で空き戸数が発生するとして任意の事業実施年の入居戸数と空き戸数を推計している。この 4% という数値は既報⁽¹⁾に示した神戸市営住宅が募集停止に伴い平均して発生する空き戸数の割合である。

また、それぞれの住宅団地の配置図を Fig. 4-5, 4-6 に示す。ここで敷地の売却益を算出するため、各住棟の敷地面積を規定している。この敷地面積及び売却益を試算することで、求める組合せの財政負担となる組合せ毎の総収益を検討するが、本論で総収益とは「再編候補となる住棟の仮想敷地の売却益から残される住棟へ EV を設置する費用を差し引いた額」と定義する。売却益は「公示地価(円/㎡)×仮想敷地の面積の総和(㎡)」として計算し、EV の設置費用は「残される住棟の入居戸数(戸)×400

Tab. 4-1 J 住宅の各住棟のデータ

Node	Occupied units	Vacant units	Profit (thousand yen/building)	Building Name
0	80	50	283356	177
1	80	50	283356	178
2	14	14	177488	179
3	17	17	177488	180
4	17	17	224624	181
5	17	17	224624	182
6	14	14	224624	183
7	17	17	177488	184
8	17	17	224624	185
9	17	8	177488	186
10	80	80	271120	187
11	17	17	177488	188
12	14	14	177488	189
13	17	8	177488	190
14	8	14	177488	191
15	14	14	177488	192
16	17	8	224624	193
17	8	17	177488	194
18	17	8	177488	195
19	17	8	177488	196

Tab. 4-2 K 住宅の各住棟のデータ

Node	Occupied units	Vacant units	Profit (thousand yen/building)	Building Name
0	11	9	207124	197
1	8	17	177488	198
2	20	17	177488	199
3	14	8	177488	200
4	14	8	224624	201
5	14	8	224624	202
6	20	17	271120	203
7	14	14	224624	204
8	14	17	224624	205
9	14	8	224624	206
10	20	7	271120	207
11	14	17	224624	208
12	17	7	224624	209
13	20	17	271120	210
14	14	8	177488	211
15	17	8	177488	212
16	20	40	400000	213
17	20	20	271120	214
18	20	17	177488	215
19	20	17	177488	216
20	20	20	271120	217
21	20	20	271120	218
22	17	8	177488	219
23	17	8	177488	220
24	14	8	177488	221

この面積は各種 GIS上で簡易的に計測しているため、実地で正確な測量を行った場合数値に誤差が生じることがあり得る。



4. 2. 2 対象とする日向市営住宅の概要

本論では、日向市営住宅の内、約 3km 圏内という比較的近接した位置に所在し、かつ築年数が古い以下の 3 住宅が将来的に再編対象になりうると考え本分析の対象とする

- ・ L 住宅 (5 棟 100 戸)
- ・ M 住宅 (4 棟 80 戸)
- ・ N 住宅 (10 棟 250 戸)

プライバシー保護のため、実際の住棟名と 1 住棟を除いて各項目の情報を隠すよう処理を行った各住宅団地のデータを Tab. 4-3 に示す。また、どの住棟にもエレベータは設置されていない。本アルゴリズムでは任意の事業実施年度を設定できるため、ここでは仮に 2025 年とし、空き戸数等を経過年数に応じて減少するように係数を掛けている。本論文では、先に述べたように、経過年数× 4% の割合で空き戸数が発生するとして任意の事業実施年の入居戸数と空き戸数を推計している。この 4% という数値は既報 1) に示した神戸市営住宅が募集停止に伴い平均して発生する空き戸数の割合であり、本論文では、この数値が日向市営住宅でも同様に使用できることを自治体担当者に確認の上用いている。各住宅団地の配置図を Fig. 4-7 に示す。

Tab. 4-3 日向市営 L・M・N 住宅の住棟のデータ

ノード番号	入居戸数	空き戸数	総収益 (千円/一棟あたり)
1	8	12	56128
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...

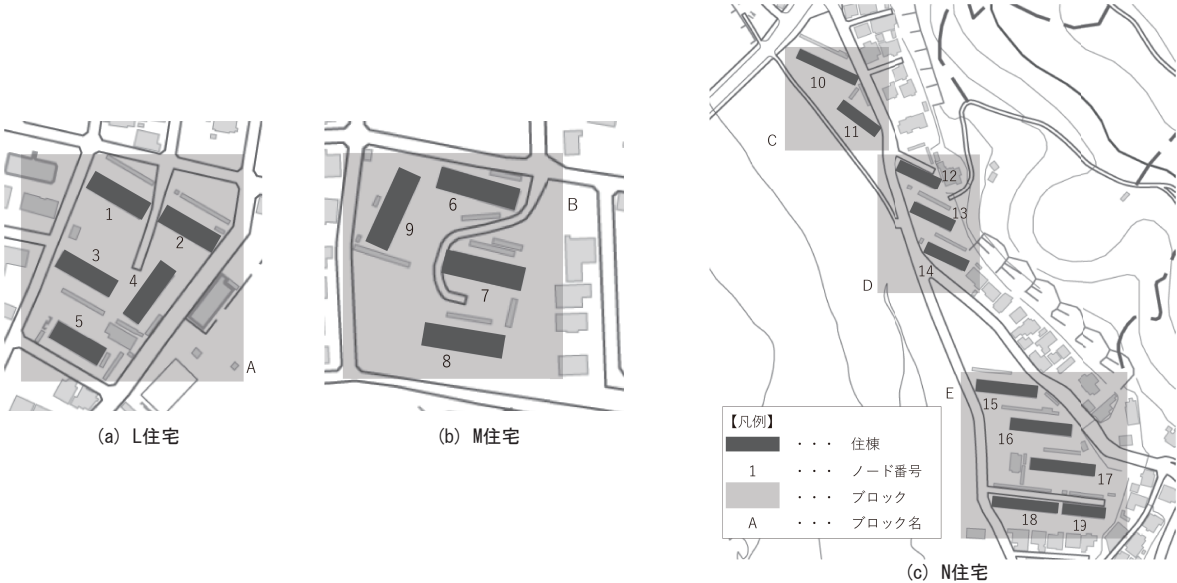


Fig. 4-7 研究対象となる日向市営住宅の配置図

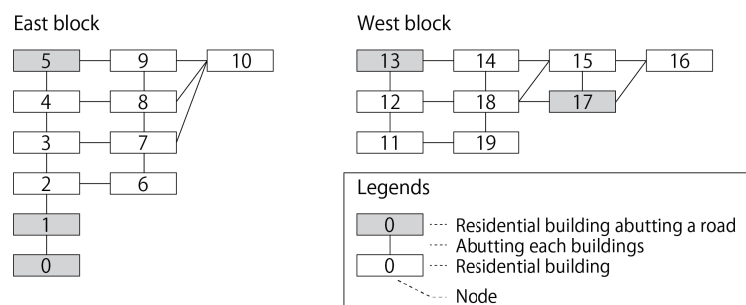
4.3 単一の住宅団地を対象とした提案プログラムの概要

4.3.1 隣接住棟グラフ

Fig. 4-8、4-9に住棟同士の隣接関係と、接道している住棟を模式的に示した K住宅と J住宅の配置図を示す。この図では、黒塗りの住棟が接道していることを示す。接道している住棟とは以下の条件を満たす住棟とする。

- ・各住棟毎の仮想敷地（一団地のため）毎に公道に接している
- ・公道は歩行者専用は除外して車道のみ対象とする
- ・接道の判断は高低差が無く（少なく）、車の乗り入れが可能と想定されるものとする。

ただし、敷地と道路に高低差あっても、道路に隣接する敷地の棟を撤去し、スロープを設置すれば、奥の棟の敷地を接道させることは可能であるが、今回は考慮していない。K住宅・J住宅の敷地内通路は、建築基準法第86条の規定に基づく総合的設計による一団地承認基準第3条の団地内の通路に該当し、建築基準法上の道路ではない。一部食い込んでいるような箇所はあるが、車の乗り入れなども加味した行政実務上の接道条件であり、厳密な建築基準法上の道路との接道条件ではない。他の住宅団地の場合、敷地内通路が基準法上の道路である場合と、そうでない場合の両方があり得るため、接道、特に車の乗り入れを判断するには実際には個別の現地確認が必要になる。



また、住棟同士の隣接関係を直線で表す。隣接している住棟とは郵便や緊急車両がアクセスできるよう車の乗り入れが可能な敷地内通路を介して接続されている住棟とする。

この図を元に Tab. 4-4、4-5のように住棟同士の隣接関係を CSVファイルで表したものを示す。1行目 (Number:0) に接道している住棟を示し、2行目 (Number:1) 以降は n 行目に n-1番の住棟と隣接している住棟を示している。

Tab. 4-4 J住宅の住棟同士の隣接関係を表した表

Number	Adjacent residential building			
0	1	2	6	
1	2			
2	1	3		
3	2	4	10	
4	3	5	9	
5	4	6	8	
6	5	7		
7	6	8	11	
8	5	7	9	11
9	4	8	10	11
10	3	9		
11	7	8	9	

Tab. 4-5 K住宅の住棟同士の隣接関係を表した表

Number	Adjacent residential building			
0	3			
1	2	11		
2	1	3	9	
3	2	4	5	
4	3	6	8	9
5	3	6		
6	4	5	7	
7	6	8		
8	4	7	10	
9	2	4	10	11
10	8	9	12	
11	1	9	12	
12	10	11		

4.3.2 提案プログラムの流れ

開発環境は、以下の通りである

- 言語 : Python3. 8. 8
- 実行環境 : Jupyter Notebook (6. 3. 0)

今回の提案プログラムの概要をフローチャート形式にして Fig. 9 に示す。

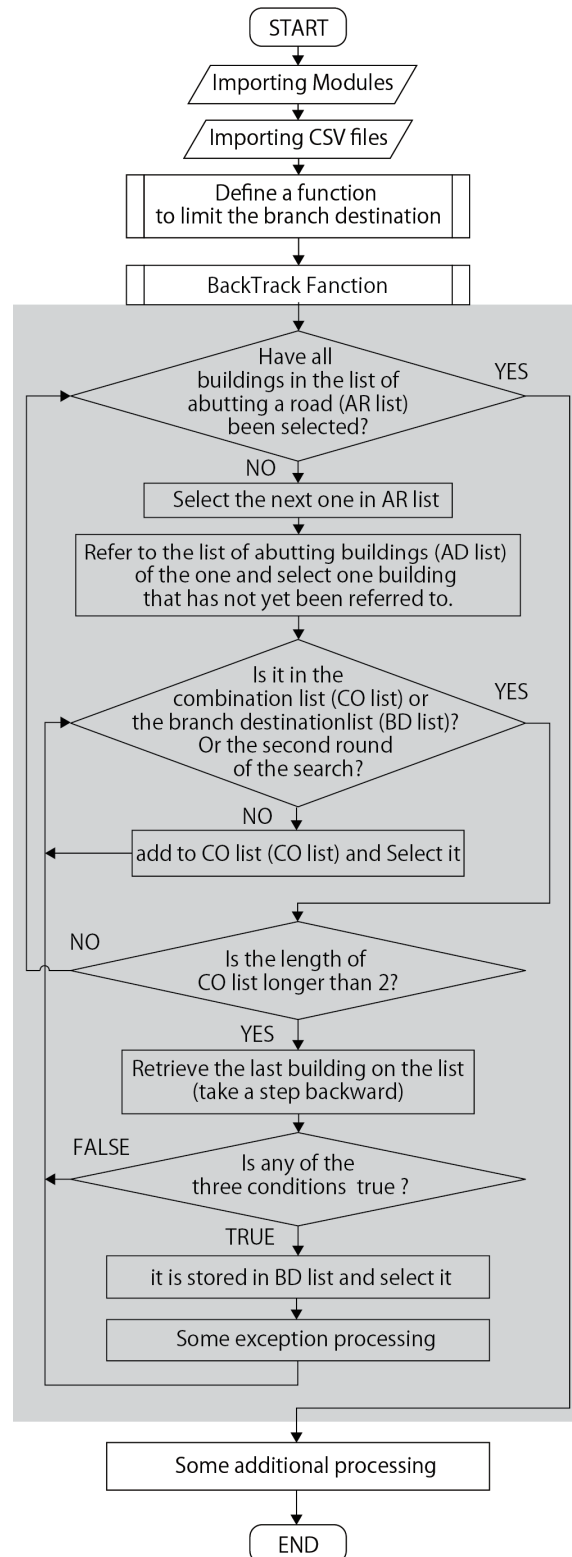


Fig. 4-10 本節で提案するプログラムのフローチャート

フローチャートのスタート以降の1セル目では今後使うモジュールをインポートしている。今回はデータ解析ライブラリ Pandas、ベクトルや行列の計算を高速に処理する numpy、イテレータ生成関数 itertools、データ構造の表現を整った形で出力する pprint をインポートする。

2セル目では Tab. 3, 4 のように住棟通しの隣接関係を CSV ファイルで表したものを読み込み、リスト化する。その後、番号のリストとその大きさを取得する。

3セルでは再帰処理内で用いる、分岐先を限定する関数を定義している。具体的には、グラフ探索の分岐時に次に選択する候補となる住棟が、その分岐以前に選択されたことがあるかどうか判定する関数である。

4セル目からは、再帰関数を用いた深さ優先探索法をベースに、ある住宅団地（住棟群）において接道している住棟から一筆書きでつながることができる住棟を全て抽出する関数を定義している。以降バックトラック関数と呼ぶ

バックトラック関数内の1セル目から2セル目は、ある住棟についての接道住棟のリスト（隣接住棟リスト:AD list）を参照し、ひとつずつ探索を実行する処理を意味する。ここで、全ての接道住棟が選択されたらバックトラック関数を終了する。

バックトラック関数内の3セル目から5セル目は、ある住棟を出発し、まだグラフの隣接している住棟の中で進んだことがない住棟があれば、その中で最も小さい番号の住棟をリスト（組合せリスト:C0 list）に加え、そのリストに加えた住棟を再度出発地点として探索を繰り返す処理を意味している。隣接している住棟で組合せリストに加えられる住棟がない場合、および探索の2週目に入ってしまった場合もループを抜け次の処理へ移る。

バックトラック関数内の6セル目は、ある接道住棟の探索の終了条件を表す。組合せリストに何も加えられるものがなく、1つの住棟しか組合せリストに無い場合、この接道住棟での探索を終了する。もし組合せリストに2つ以上住棟があれば以降の処理に進む。

バックトラック関数内の7セル目では、一筆書きの組合せリストを一つ戻る処理を行う。一つ戻った住棟について同関数内8セル目で「今戻ってきた住棟」、「今組合せリストにある住棟」、「すでに通過したことのある住棟」の三つの条件のいずれかあてはまる場合、その分岐先を分岐先情報（分岐先リスト:BD list）として保存し、行けないようにする。この時、3叉路以上の場合、3セル目の分岐先を限定する関数を用いて、まだ通過していない分岐先を選択できるようにしている。

その後いくつか例外処理を行って再度初めのループで直進を試みる。この処理が再帰関数と呼ばれる部分であり、再度初めのループに戻ることを再帰処理と呼ぶ。いくつかの例外処理とは、以下に示すものである。

- ・同じ住棟を選び続けて無限ループになることを防止する処理
- ・すでに選んだ組合せを選ばないようにする処理

また、一つ戻る処理の際に、他の住棟の分岐先情報のせいで突き当たっている場合、その突き当たりの住棟に行けるようにした上で再帰処理を行う。また、別の分岐先に到達した際、それ以外の分岐先情報を削除する処理も行っている。

全ての接道住棟で探索が完了した後、追加の処理として、選んだ組合せに重複があれば片方を残して削除する処理や、選んだ組合せのそれぞれに対し、選ばなかった住棟の組合せの全てを用いて一筆

書きの組合せが作成でき、かつ接道した住棟を含んでいる組合せのみを残す処理を行う。これにより、対象の敷地を、接道した住棟を含む2つに分割することができる。

住宅団地が2つ以上のエリアに分かれている場合、その2つのエリアそれぞれでここまでのプログラムを実行し、組み合わせる。

以上により、「売却地および残された敷地の住棟が隣接しているか」および「売却地および残された敷地がそれぞれ接道しているか」を満たす住棟の組み合わせ（以降「接道隣接住棟組合せ」と称する）を得られる。

4.3.3 具体的な実装内容

仮転居が可能な組み合わせの導出に関しては筆者らの既往研究 1) に準ずる。具体的には、ある住棟の既存の入居者が他の住棟に仮転居できるかどうか判定する。前節で得られた接道隣接住棟組合せに対して転居判別アルゴリズムを用いることで任意の年度に再編計画の対象となりうる住棟の組み合わせ数を求めることができる。この仮転居が可能な住棟の組合せを「転居可能住棟組合せ」と称する。

以上のように、本研究では「EV設置型」の事業手法を対象に転居判別アルゴリズムを実装し、動作させる。なお、総収益は敷地の売却益から残された住棟へのEVの設置コストの差として計算している。また、「新築建替え型」について転居判別アルゴリズムが実装可能であることは既報 6) に示す通りである。

4.4 単一の住宅団地を対象とした提案プログラムの実行結果

4.4.1 J住宅での実行結果

これまでに提案したアルゴリズムに基づいて J住宅の接道隣接住棟組合せを導出する。接道住棟と住棟同士の隣接関係は Tab. 4-4に基づく。実行結果を Tab. 4-6に示す。

Tab. 4-6 J住宅を対象としたプログラムの実行結果

Number of buildings	20
Total number of combinations	1,048,575
Number of abutting combinations	749
Number of possible relocation combinations	212

総当たりでは 1,048,575通りあった組み合わせ数から、隣接接道住棟組合せを 749通りに絞り込むことができた。J住宅の住棟数は 20棟であり、この結果から 17棟以上の住棟が関わる再編計画の転居可能組み合わせを、いくつかの住棟をグループ化することなく導けることが示された。

この 749通りから転居可能住棟組み合わせを導くと 252通りとなる。総当たりの組み合わせ数からの削減率は 99.98%となる。

Fig. 4-11に削減棟数と総収益の関係を示す。この図から、最も多くの削減可能な棟数は 14 棟、その時の収益は 15 億円程度であることが分かる。また、削減棟数 n 棟の時の最大収益は概ね $n+3$ 棟の時の最大収益と一致する。ただし、この時 n は 7以下である。10棟以上の場合、総収益が高い組み合わせ数が得られないことを示す結果となっている。つまり、削減棟数 9棟の場合と 12棟の場合で最大収益は同程度であり、廃止住棟を増やすことで必ずしも収益が改善するわけではないことが分かる。

また、点線で示した線形回帰曲線から、削減棟数 5棟付近が損益分岐点になっていることが分かる。これは事業の実施可否を決める上で重要な指標となる。すなわち、J住宅単独で再編計画を施行する場合、削減棟数を 5棟以上とすることで赤字となることを防げる可能性が高く、財政負担を軽減させることができることが分かった。

Fig. 4-12に削減空き戸数と総収益の関係を示す。Fig. 4-12の回帰直線は Fig. 4-11よりも R2係数が小

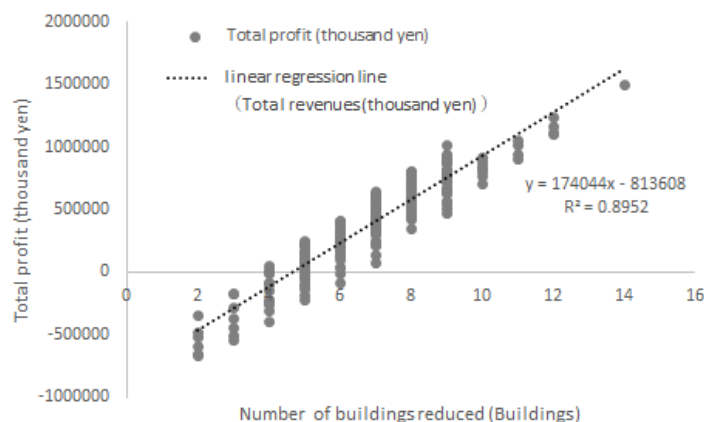


Fig. 4-11 J住宅に置ける削減棟数と総収益の関係

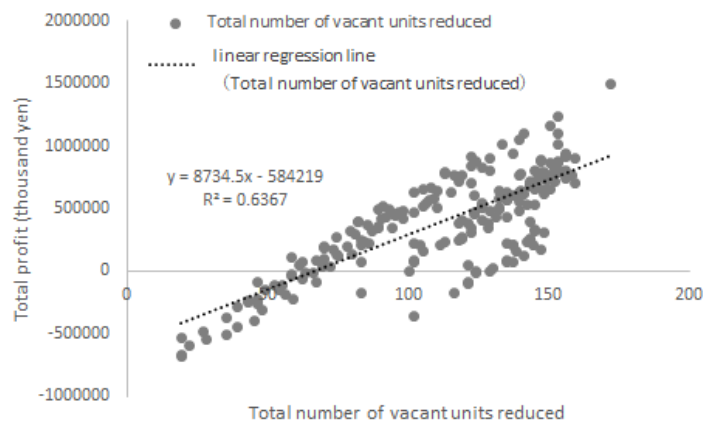


Fig. 4-12 J住宅に置ける削減空き戸数と総収益の関係

さい。これは高層棟含む場合と含まない場合で収益性が変わるからである。

Fig. 4-12に示した住棟群は Fig. 4-13のように上から

- ・ 高層棟を含まない住棟群
- ・ 高層棟を1棟含む住棟群
- ・ 高層棟を2棟含む住棟群

の3つの散布図を示している。ここから、高層棟を廃止対象とすると総収益が減少することが分かる。減少する理由として考えられることは、高層棟はすでにEVが設置されているため、廃止対象とするとその分他の住棟にEVを設置しなければならず、計算上コストがかかってしまうということである。

Tab. 4-7および Fig. 4-14に再編案として十分あり得る、削減空き戸数、削減棟数ともに概ね等しい

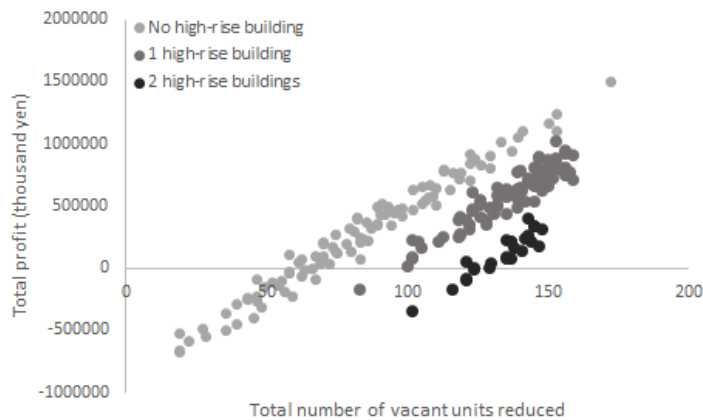
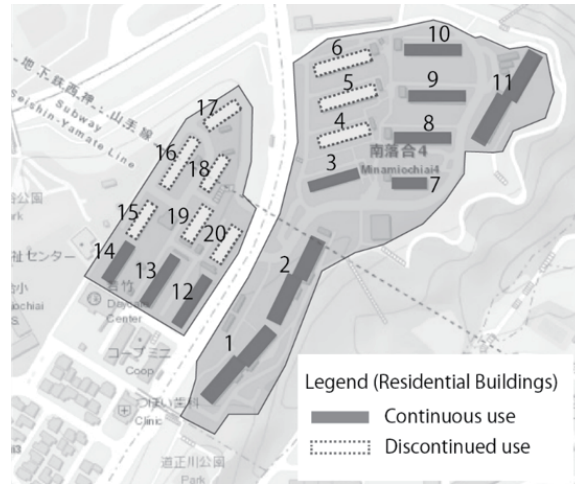


Fig. 4-13 J住宅に置ける高層棟の数別の削減空き戸数と総収益の関係

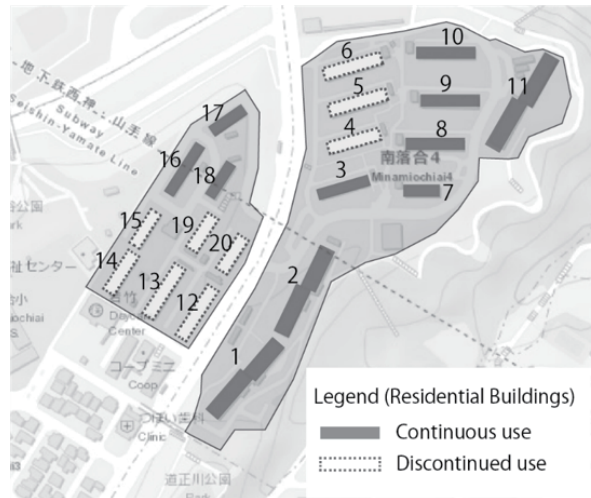
組み合わせを示す。ここから、収益面ではA案が最も優れていることが分かる。また、削減できる空き戸数ではB案が優れており、C案は収益面・削減できる空き戸数共に他に優れた案があることが分かる。

Tab. 4-7 J住宅における探索結果の比較の一部抜粋

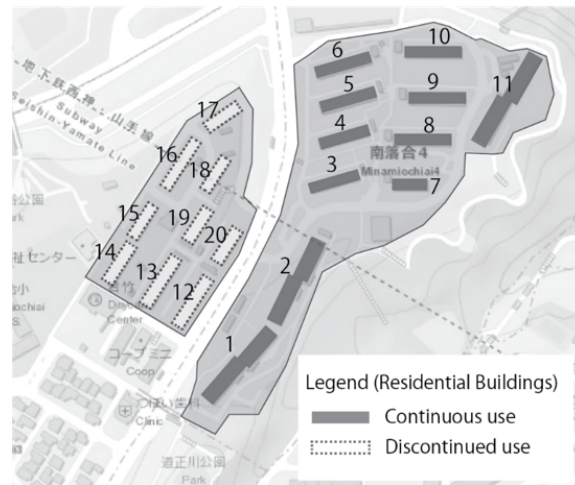
Proposal name	Node combination	Occupied units	Vacant units	Profit (thousand yen /building)	Number of buildings
A	[3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 18, 19]	118	102	630,526	9
B	[3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 18, 19]	124	106	553,843	9
C	[11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]	108	102	475,277	9



(a) A案



(b) B案



(c) C案

Fig. 4-14 J住宅における探索結果の比較配置図

4.4.2 K住宅での実行結果

同様に K住宅の廃止住棟の組み合わせを導出した。実行結果を Tab. 4-8に示す。総組み合わせでは 33,554,431通りあった組合せから、接道隣接住棟組み合わせを 23通りに絞ることができた。

最終的に転居可能住棟組合せは 6通りになり、もとの総当たりの組み合わせ数からの削減率は削減率は 99.999985%となった。

Tab. 4-8 K住宅を対象としたプログラムの実行結果

number of buildings	25
Total number of combinations	33,554,431
Number of abutting combinations	23
Number of possible relocation combinations	6

Fig. 4-15に削減棟数と総収益の関係を、Fig. 4-16に削減空き戸数と総収益の関係を示す。Fig. 4-15の線形近似曲線から K住宅では削減棟数 7棟が損益分岐点になっていること、また、最も多くの削減可能な棟数は 12棟、その時の収益は 11.8億程度という結果になった。続いて Fig. 4-16の線形近似曲線から削減戸数 70戸程度が損益分岐点になっていることが分かる。また、最も多くの削減可能な空き戸数は 109戸、その時の収益は 11.8億程度という結果になった。

6通りのすべてのパターンを Fig. 4-17および Tab. 4-9に示す。再編計画のパターンとして、北ブロックの全ての住棟を廃止するか、東ブロックの一部あるいは全ての住棟を廃止する組合せしかないことが分かる。6通りしか再編可能組合せが存在しないため、この6通りを十分に検証し、妥当性がない

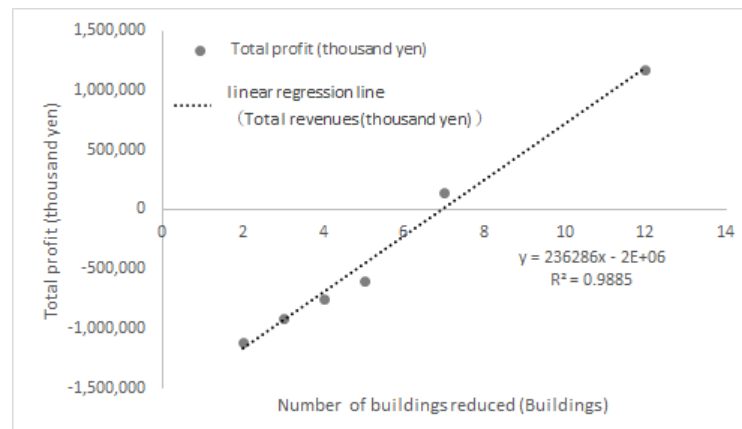


Fig. 4-15 K住宅に置ける削減棟数と総収益の関係

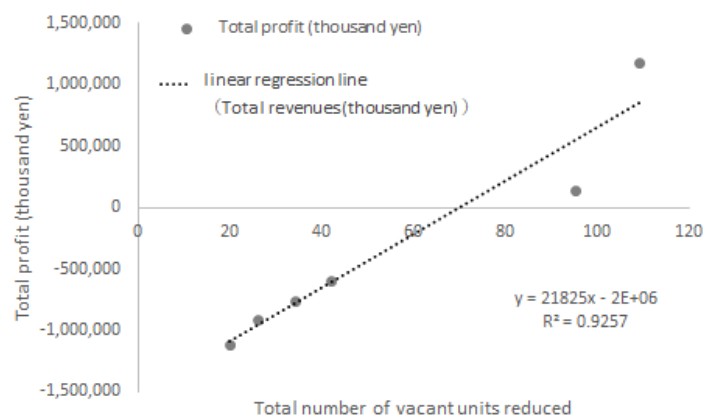


Fig. 4-16 K住宅に置ける削減空き戸数と総収益の関係

と考えられる場合は、他の住宅団地と合わせて再編を進め、K住宅を集約先として事業を進めることが望ましいと考えられる。

Tab. 4-9 K住宅における探索結果の比較

Proposal name	Node combination	Occupied units	Vacant units	Profit (thousand yen/building)	Number of buildings
1	[18, 19]	40	20	-1,110,751	2
2	[18, 19, 24]	54	26	-913,217	3
3	[18, 19, 23, 24]	66	34	-754,532	4
4	[18, 19, 22, 23, 24]	78	42	-595,847	5
5	[18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]	205	95	141,343	7
6	[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]	191	109	1,179,131	12

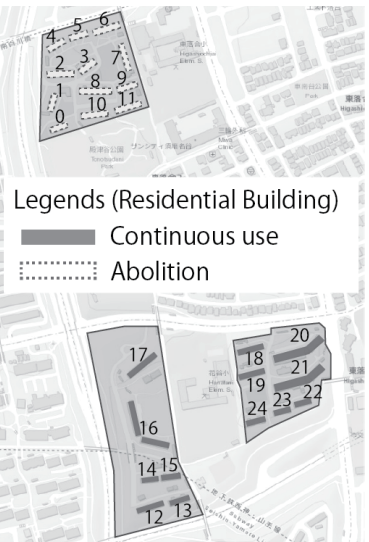
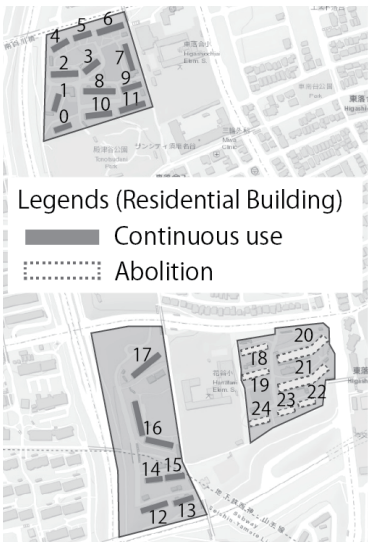
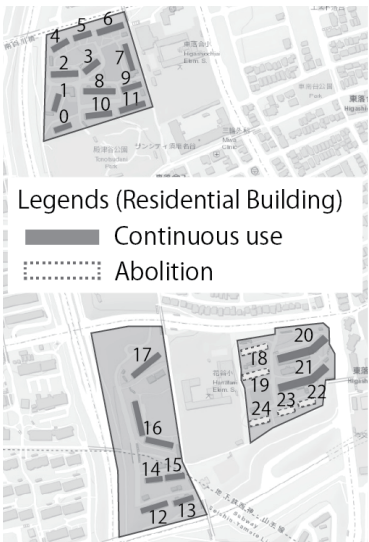
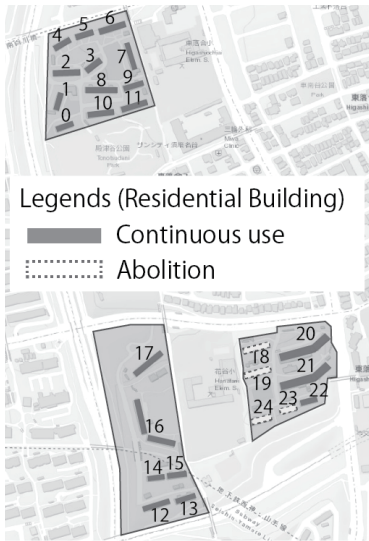
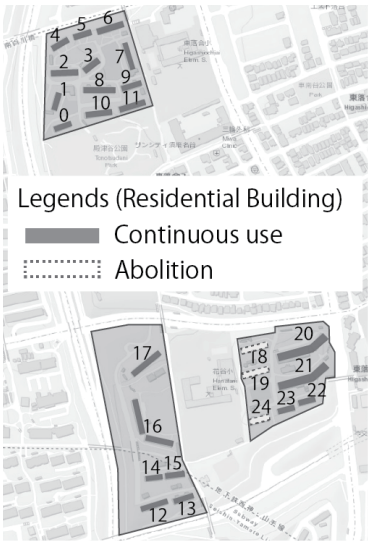
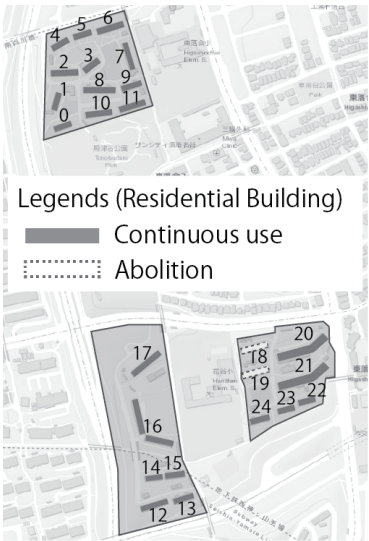


Fig. 4-17 K住宅における探索結果の比較配置図

4.5 複数の住宅団地を対象とした提案プログラムの概要

4.5.1 単一の住宅団地を対象とした提案プログラムの成果と課題

先に提案したアルゴリズムではグラフとしてのモデル化とアルゴリズムの活用により、接道している住棟同士のまとまり（以下ブロック）ごとの組合せは探索できた一方で、複数のブロックで探索した組合せ結果を結合する手法が確立できていなかった。そこで、先に提案したアルゴリズムはforループの中に別のforループを含める処理（多重ネスト）を使用して各ブロックの探索結果をまとめた。forループとは、何かを繰り返し処理するためのプログラミングの命令文である。具体的には、ある値を初期値として設定し、その値を増やしながらある条件が満たされるまで繰り返し処理を行うことを指す。この手法は簡便であるものの、ブロック数が変わるごとにコーディングを変更する必要があるため汎用性に欠け、かつ、より多くのブロック数を結合する場合に深いネストが必要になる問題があった。深いネストはプログラムの可読性を下げ、保守性の低下やバグの発生リスクを高めるだけでなく、コードが過度に複雑になることで拡張性も低下する。また、メモリ使用量も増大するためメモリの空き容量が不足し、動作環境に悪影響を与え、クラッシュが発生する場合がある。

4.5.2 本節で提案すること

先に提案した各住宅団地の接道と隣接を満たす住棟の組合せを導出するアルゴリズムと既報¹⁾で提案した導出した組合せが仮転居可能か判別し再編計画の対象になりうるか判断するアルゴリズムをつなぎ「組合せ爆発」を簡便に抑制しながら複数のブロックの組合せを結合する実用性と有効性を兼ね備えたアルゴリズムをシンプルなグラフアルゴリズムとして開発すること、そして、アルゴリズム④から導出した組合せに対し、財政負担を減らしつつ戸数を削減できる組合せを複数の公営住宅を対象に実証的に検証することである。

本節で取り扱う領域はFig.4-18に示すように、公営住宅の配置関係をひとまとまりの隣接関係のブロックごとにグラフ化し、先に提案したアルゴリズムを用いてそのブロックごとに組合せを探索した各組合せを結合するプログラムを構築する部分である。ここで各住棟をグラフにおけるノード、その隣接関係をエッジとみなす。ノードにはTab.4-2に示す属性を与え、エッジは隣接関係のみを表し距離等の属性を与えない。

本節で提案するアルゴリズムでも、先に提案したアルゴリズムと同様にグラフ理論を用いたアルゴ

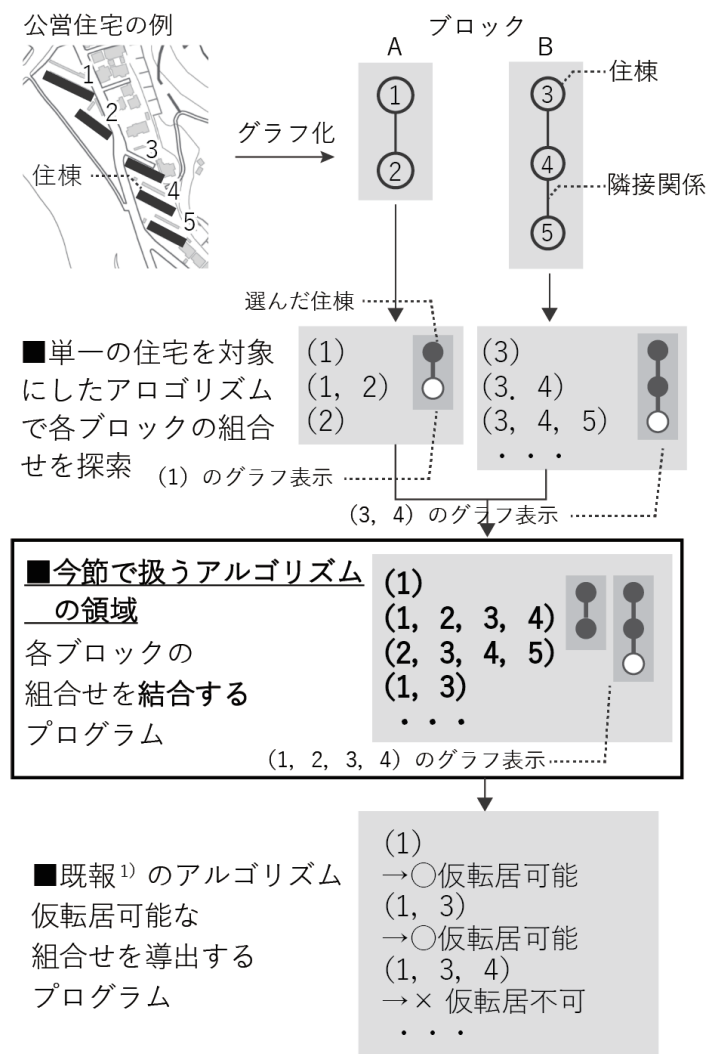


Fig.4-18 複数の住宅を対象にしたアルゴリズムの扱う領域

リズムの活用を提案する。先に提案したアルゴリズムでは住棟同士の繋がりを、節点を辺で繋いだネットワークである無向グラフに見立てたが。本節で提案するアルゴリズムでは、各ブロックを節点と見立て、各ブロックの組合せを一つずつ探索する探索アルゴリズムを提案する。具体的には、Fig. 4-19に示すように、まず各ブロックから一つ組合せを選び、次のブロックのまだ選んでいないの組み合わせ(Fig. 4-19中では未達の組み合わせと表記)を一つ選び結合する。これを繰り返し次に選ぶ組合せがなくなった場合最近傍の未達の組み合わせに戻り探索を再開する。この時各ブロックには「選ばない」という処理のため後から消去するデータを追加する。最終的に結合した組合せにこの「選ばない」用のデータが含まれる場合、そのデータを消去する。

本節で提案するアルゴリズムも全探索アルゴリズムであり、最短経路の探索に適した幅優先探索ではなく、深さ優先探索を採用する。

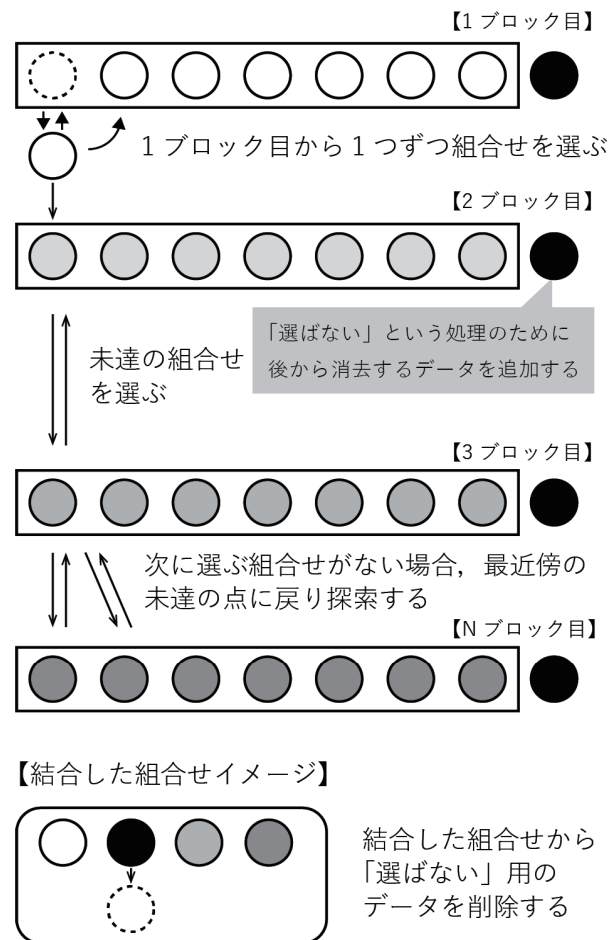


Fig. 4-19 本節で提案するアルゴリズムのイメージ

4.5.3 隣接住棟グラフ

Fig. 4-20に住棟同士の隣接関係と、接道している住棟を模式的に示したL住宅、M住宅、N住宅の配置図を示す。この図を元にTab. 4-10のように住棟同士の隣接関係をCSVファイルで表した。1行目（ノード番号: 0）に接道している住棟を示し、2行目（ノード番号: 1）以降はn行目にn-1番の住棟と隣接している住棟を示している。

このCSVファイルを入力し、研究①のプログラムを用いてブロックごとの接道隣接組合せを三次元配列として導出する。各ブロックで先に提案したアルゴリズムを実行した結果、各ブロックの接道隣接組合せ数はそれぞれ19、7、3、5、11である。それぞれのブロックから少なくとも1つの組合せを選ぶ組み合わせは $(19+1) \times (7+1) \times (3+1) \times (5+1) \times (11+1) - 1 = 46079$ 通りである。

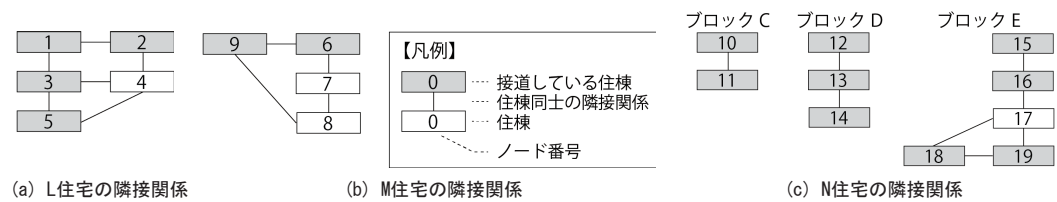


Fig. 4-20 日向市営住宅の住宅ごとの住棟同士の隣接関係グラフ

Tab. 4-10 日向市営住宅の対象住宅を隣接関係グラフをCSV化した表

ノード番号	隣接している住棟のノード番号 (ノード番号の0の列は接道している住棟を示す)																		
	1	2	3	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19				
0	1	2	3	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19				
1	2	3																	
2	1	4																	
3	1	4	5																
4	2	3	5																
5	3	4																	
6	7	9																	
7	6	8																	
8	7	9																	
9	6	8																	
10	11																		
11	10																		
12	13																		
13	12	14																	
14	13																		
15	16																		
16	15	17																	
17	16	18	19																
18	17	19																	
19	17	18																	

4.5.4 提案プログラムの流れ

開発環境は、以下の通りである。

- ・ 言語: Python3.8.8
- ・ 実行環境: Jupyter Lab(3.0.14)

まず、先に提案したアルゴリズムで出力される三次元配列を、二進法で表記のバイナリ形式で保存する。バイナリデータは「0」と「1」で表記され、人間には読むことができないが、簡便にデータ構造を保持するためシンプルなコーディングが可能になる。

本節で提案するアルゴリズムの大まかな流れを Fig. 4-21 に示す。

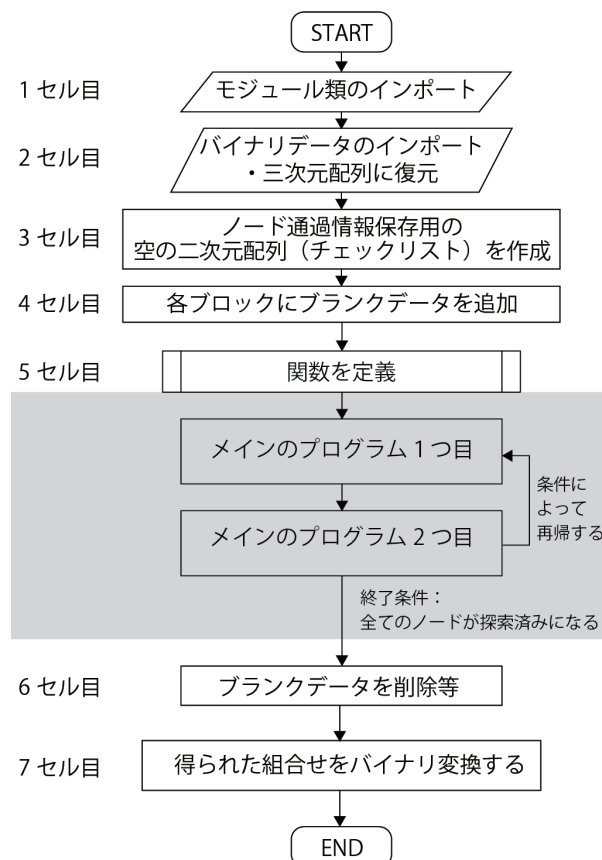


Fig. 4-21 本節で提案するアルゴリズムのフローチャート

フローチャートのスタート以降の1セル目では今後使うモジュールをインポートしている。今回はデータ解析ライブラリ Pandas、ベクトルや行列の計算を高速に処理する numpy、イテレータ生成関数 itertools、データ構造の表現を整った形で出力する pprint をインポートする。

2セル目では、バイナリ化したデータを三次元配列(以下探索用リスト)に復元する。

3セル目では、ノードを通過した情報を保持しておくために、2セル目で作成した三次元配列と同じ長さの空の二次元配列(以下チェックリスト)を作成する。

4セル目では、「そのブロックから組合せを選ばない」という処理のために、各ブロックの組合せに空白(空白)データを追加する。実装上は、組合せに出てこない適当な数字を与え、その数字を後から消去するという方法を採用する。

5セル目以降では、深さ優先探索法をベースに、各ブロックの組合せの全ての結合パターンを探索

する関数を作成する。この関数では探索用リストの要素を Fig. 4-22および Fig. 4-23のように p と q で定義する。pはどのブロックであるかを表し、qはそのブロックで得られた組合せを表すこの関数は大きく二つのプログラムからなる。

まず一つ目は、突き当たりまで進み最大の p 列を探索するプログラムであり、このプログラムは以下のように構成される (Fig. 4-22)。

(p, q) = (0, 0) から探索を始める。

pを+1する

p = nの時、p列の m行目の要素を 0から一つずつ選び、(p, q) = (n, m) を通過済みとし、チェックリストに情報を入れ、組合せを結合する

pが探索用リストの長さ以下の値であれば(p, q) = (n + 1, 0) に対して上記の処理を行う。

pが探索用リストの長さより大きい値であれば(p, q) = (n, m + 1) を通過済みとし、チェックリストに情報を入れ、(p, q) = (n - 1, m) にもどる。

そして二つ目は、ある列の全ての要素を探索した場合に戻って探索を再開するプログラムである。このプログラムは以下のように構成される (Fig. 4-23)。

p=n、。。。、n+r列が全て探索済みの場合以下の処理をする。

pを(r+1) だけマイナスする。

p 列の探索済み情報を削除する。

(p, q) = (n-(r+1), 0) を探索する。

この関数を実行後ブランクデータの削除を行い、探索結果を得る。

端的に言えば、Fig. 4-22と Fig. 4-23は迷路を探索するプログラムのようなものである。Fig. 4-22は迷路を道なりに進み突き当たったら一つ戻るプログラムであり、Fig. 4-23は迷路の分岐する部分ですべての分岐先に既に行ったことがあれば一つ戻るプログラムである。

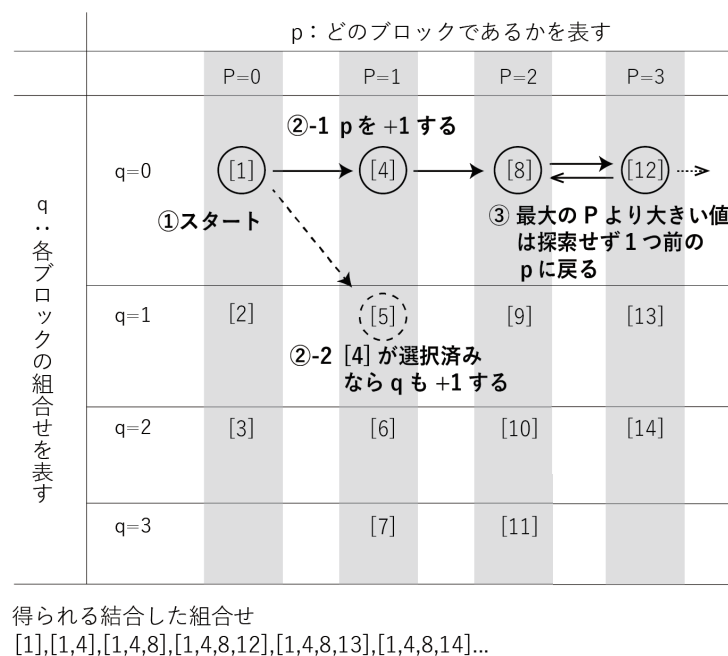


Fig. 4-22 メインプログラム 1: 突き当たりまで進み最大の p 列を探索するプログラムのイメージ図

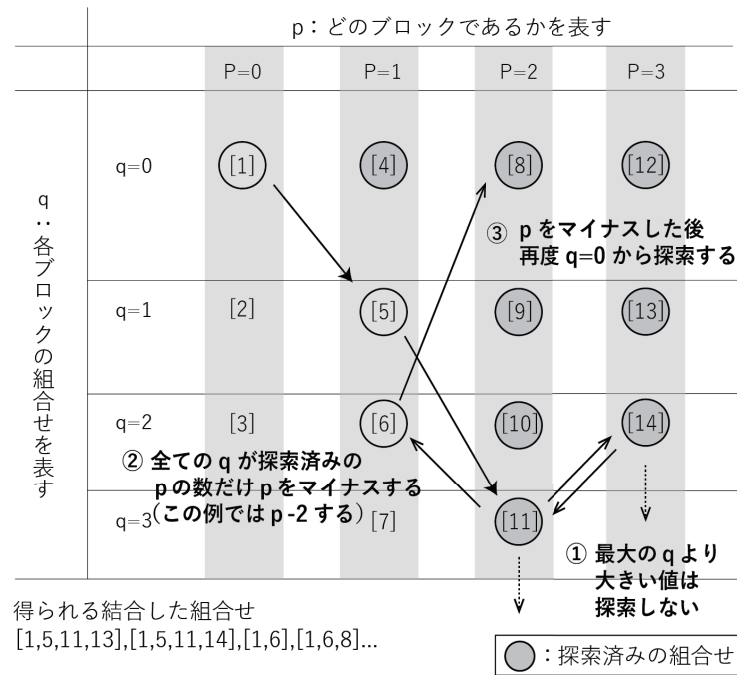


Fig. 4-23 メインプログラム 2: ある列の全ての要素を探索した場合に戻って探索を再開するプログラムのイメージ図

以上のアルゴリズムを実行し、各ブロックの組合せを結合する全パターン 46079通り 導出し理論値と一致することを確認した。

このプログラムの探索結果をバイナリ変換し、既報 1) のアルゴリズムに渡すことで、抽出した住棟の入居戸数がそれ以外の住棟の空き戸数より多いかどうか判定し、複数の公営住宅を包括的に扱った場合の再編可能な組合せの導出が可能になった。

4.6 複数の住宅団地を対象とした提案プログラムの実行結果

4.6.1 各アルゴリズムの実行結果と再編事業収益の関係

これまでに提案したアルゴリズムで導出した組合せを Tab. 4-11 に示す。

Tab. 4-11 日向市営 3 住宅に対するアルゴリズム実行結果

ブロック数		5
ブロックごとの棟数	A	5
	B	4
	C	2
	D	3
	E	5
【単一の住宅を対象とした アルゴリズムの実行結果】 ブロックごとの 組合せ数	A	19
	B	7
	C	3
	D	5
	E	11
ブロックごとの組合せを 結合する全パターン数 (※理論値)		46079
【本節で提案したアルゴリズムの 実行結果】 ブロックごとの組合せを 結合する全パターン数		46079
【既報 ¹⁾ で提案したアルゴリズム の実行結果】 転居可能な組合せの導出		10060

この結果から L 住宅、M 住宅、N 住宅の 3 つの住宅団地を再編対象とした場合、再編計画の対象となりうる住棟の組み合わせ数が 10,060 通りであることがわかった。

本節では導出した組合せの住棟と敷地を民間に売却し、残される住棟にエレベータを設置するという事業形態を仮定し、削減できる棟数及び戸数とその収益を把握し、財政負担の少ない組合せを検討する。

Fig. 4-24 に削減できる棟数と事業から得られる総収益を示す。先に述べたように、本論で総収益とは「再編候補となる住棟の仮想敷地の売却益から残される住棟へ EV を設置する費用を差し引いた額」と定義する。売却益は「公示地価(円/㎡) × 仮想敷地の面積の総和(㎡)」として計算し、EV の設置費用は「残される住棟の入居戸数(戸) × 400(万円/戸)」として計算している。この戸当たりの EV の設置費用が日向市営住宅でも応用可能であることは、日向市建設部建築住宅課へのヒアリングを基に確認した。

Fig. 4-24 から、本再編計画ではどの組合せでも収益的には赤字となる可能性が高いことがわかる。

また、総収益が最大となるのは削減できる棟数が7棟の場合であり、その総収益は約-3.3億円程度であり赤字となることがわかる。同様に Fig. 4-25に削減可能な空き戸数と事業から得られる総収益の関係を示す。ここから、削減可能な空き戸数が40戸後半から50戸前半の時に最大収益となることを導いた。

加えて、削減できる棟数が等しい場合、削減できる空き戸数が増えるほど総収益が減少する関係を把握した。これは戸当たりのEV設置費用(円)が戸当たりの敷地の売却益(円)を上回っていることに起因している。

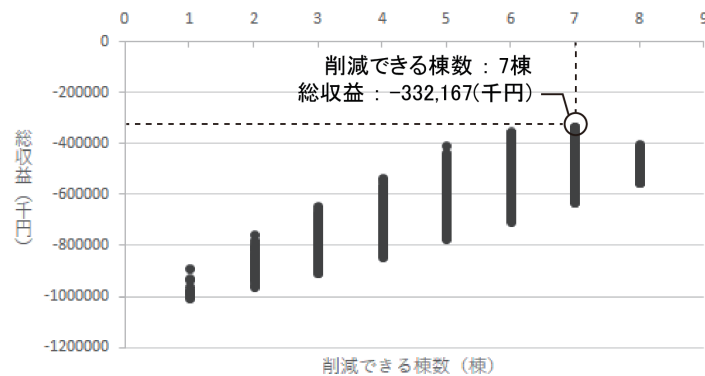


Fig. 4-24 日向市営3住宅に置ける削減棟数と総収益の関係

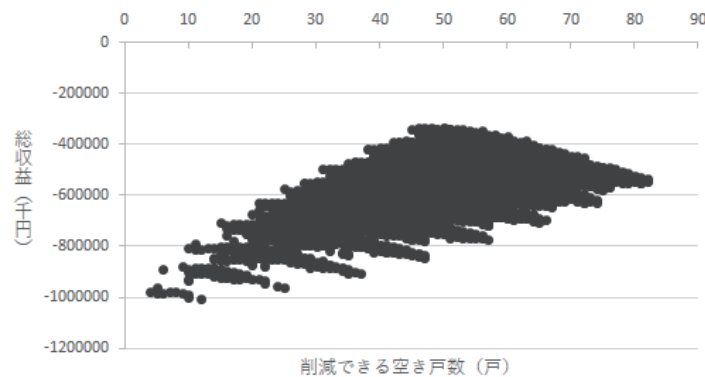


Fig. 4-25 日向市営3住宅に置ける削減空き戸数と総収益の関係

4.6.2 高収益となる再編住棟の組合せパターン

前節を踏まえ、削減可能な棟数が7棟かつ削減可能な空き戸数が40戸後半から50戸前半の組合せを総収益が高い順に10通り抜粋し、配置図に示す(Fig. 4-26)。また、それぞれの組合せの諸元をTab. 4-12に示す。財政負担の少ない組み合わせとして導かれたこれら10通りの組み合わせではノード番号(棟)10、11、15がいずれも削減対象となることが分かった。また、最も財政負担の少ない案は(a)に示すように、L住宅のノード番号(棟)2、3、5を削減しつつM住宅は削減しないという案1であった。このように複数の住宅団地における住棟の組合せを、速やかに検討することができた、この配置図を叩き台とし、例えば住宅団地ごとの自治会の影響力や、これまでの入居者との交渉の経緯、各住宅団地の現入居者の状況等の数値化が難しい定性的なデータを交えて行政内で検討することで、アルゴリズムで導出した組合せからより妥当な候補を絞り込むことができ、より説得力のある再編計画の立案が期待できる

Tab. 4-12 自治体の財政負担が少ない再編住棟の組合せの諸元

案	再編対象となる 住棟の組合せ (Node)	入居戸数	削減できる 空き戸数	総収益 (千円)	削減できる 棟数
1	[3, 4, 5, 10, 11, 12, 15]	112	48	-332167	7
2	[4, 5, 6, 10, 11, 12, 15]	113	47	-333597	7
3	[2, 4, 5, 10, 11, 12, 15]	110	50	-333690	7
4	[3, 5, 6, 10, 11, 12, 15]	114	46	-335594	7
5	[3, 4, 5, 6, 10, 11, 15]	110	50	-336333	7
6	[2, 3, 4, 5, 10, 11, 15]	107	53	-336426	7
7	[2, 4, 6, 10, 11, 12, 15]	112	48	-336802	7
8	[5, 6, 7, 10, 11, 12, 15]	114	46	-337304	7
9	[2, 4, 5, 6, 10, 11, 15]	108	52	-337856	7
10	[4, 5, 6, 7, 10, 11, 15]	110	50	-338043	7

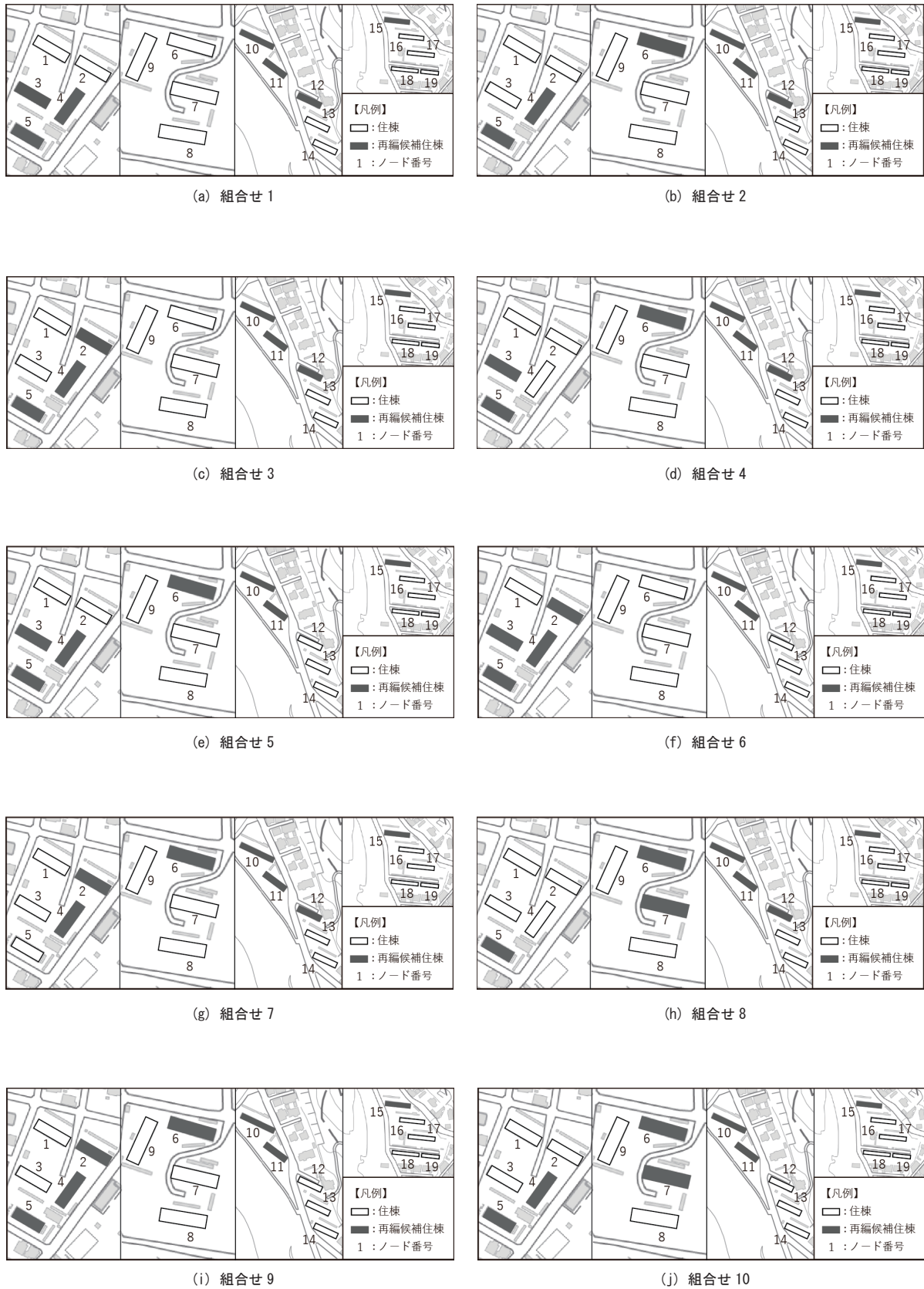


Fig. 4-26 自治体の財政負担が少ない住棟組合せパターン
(左から L住宅, M住宅, N住宅(ブロック C, D), N住宅(ブロック E) の配置図)

4.7 小結

本章では、公営住宅の多くで老朽化が進行する現状において、既往研究で提案された、合理的な再編計画を支援する手法を、より汎用的に改善し、神戸市営住宅の2つの住宅団地と日向市営住宅の3つの住宅団地で実践してその実用性を検証した。

まず、グラフ探索アルゴリズムの一つである再帰関数を用いた深さ優先探索を応用したアルゴリズムを開発し、総当たりのアルゴリズムよりも大幅に計算量を削減し、より多くの住棟・住宅団地を対象に再編対象住棟の検討可能な方法を導いた。ここで、住宅団地によっては、再編可能な組み合わせが少なく、再編方針が限定される可能性を明らかにした。合わせて「売却地および残された敷地の住棟が隣接しているか」および「売却地および残された敷地がそれぞれ接道しているか」が考慮され、今までのプログラムからより実用的な組み合わせが導出できるようになった。

また、転居可能組み合わせに対し、回帰分析を行うことで収益分岐点を明らかにし、収益性の観点から再編事業の実施可否を検討できることを示した。

さらに、事業手法に関わらず転居判別アルゴリズムが動作することを確認し、転居可能な組合せを導出できることを示した。

次に、複数の住宅団地を対象に、再編対象となる住棟の組合せをより効率的に探索するアルゴリズムを開発し、既存のアルゴリズムと組み合わせて、財政負担の少ない再編計画を簡便に複数案作成する手法を検証した。

日向市営住宅の3住宅を対象に再編計画を検討する場合、接道している住棟から各住宅団地において一筆書きで繋がる住棟の組合せが46,079通りあることを提案アルゴリズムで導出できた。

また、この組合せの内、選んだ住棟の入居戸数がそれ以外の住棟の空き戸数より多く仮転居が可能で再編候補となりうる組合せは10,060通りであった。

その上で財政的見地から検討を行い、削減できる棟数が7棟かつ削減できる空き戸数が40戸後半から50戸前半の組合せにおいて、再編事業の総収益が最も高くなる可能性があることを導き、自治体の財政負担が低いと見積もられる10案を導き、配置図に示した。

今後の課題は2つ挙げられる。1つ目は、それぞれの組み合わせのより正確な収益を明らかにすることである。現在のプログラムでは、売却敷地の面積のみに注目し敷地形状に関する情報は考慮していない。しかし、実際は売却敷地の形状に応じて売価が変わってくるため、敷地形状をプログラムに反映することでより正確な収益が導ける可能性がある。2つ目は、より広範なエリアでの応用可能性を検討することである。本章では、それぞれ20棟と25棟の大規模住宅団地単体についてプログラムの実用性を検討した後、3つの住宅団地をまとめて対象とするアルゴリズムを開発し、その有用性を確認した。しかし、実際の再編計画では、任意の地域の住宅団地全体について同時に再編事業を行うことがある。より広範な、例えば、ある行政区全ての住棟で再編対象住棟を検討することができれば、より合理的な再編計画ができる可能性がある。この2点を今後の課題としたい。

-
- 1) 稲田浩也，三浦研：住棟ごとの入居者データに基づく大都市公営住宅再編計画の検討—近隣への転居容易性と建替えコストを踏まえて—，日本建築学会計画系論文集，第85巻，第786号，pp.2043-2051,2021
 - 2) 神戸市：第3次マネジメント計画〈<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/41824/3management.pdf>〉

第 6 章

結論

本研究は、急激な人口減少と老朽化の影響により空き住戸が増加する傾向にある我が国の公営住宅政策において、行政負担の軽減や住民の安全確保を目的として、管理戸数削減を伴う再編が進められているという現状に対し、公営住宅の再編計画策定が自治体担当者の経験に大きく依存する現状に着目し、公営住宅の再編計画策定時のシミュレーションを数理的な最適化問題として考察することで、再編計画策定をより効果的に行う手法を検討するものである。

第1章は序論であり、社会的背景を概観したうえで、既往研究調査から自治体全域を包括した公営住宅の再編における具体的な事業手法の知見が極端に乏しいことを指摘し、本研究の位置づけを示している。そのうえで目的と課題、調査方法と調査対象、構成を示している。

第2章では、まず公営住宅の再編計画に関する概要、制度、およびその変遷について詳細に取り上げ、公営住宅の再編計画の歴史的背景とその発展過程を概観し、現行の制度やプロセスを解説したうえで、公営住宅の再編計画における主要な課題に焦点を当て、評価基準の問題点を指摘している。具体的には、二分法的な項目の評価は比較的容易であるものの、より主観的な連続値の項目に関しては、自治体職員の裁量に大きく依存しているという点と、考慮すべき再編組み合わせの数が非常に多いにもかかわらず、これらが十分に検討されていない現状について指摘している。

その上で、研究対象として協力を得た3つの自治体における公営住宅の概要と、それぞれの自治体における現行の再編方針について詳述している。

第3章では、自治体全域を包括した効果的な再編計画策定の知見を得るため、自治体が所有するデータや各種オープンデータを使用した、具体的なアプローチの提案とその評価を行っている。

行政が再編時に検討する可能性のある項目を網羅的に検討項目として設定し、主成分分析を用いてデータを縮約することで統計的に分類軸を示した上で、複数のクラスタリング分析手法を併用し、住宅団地をグルーピングすることで信頼性の高い住宅団地の分類が得られることを明らかにし、再編計画におけるこの分類の応用について複数のスケールの自治体に対して考察を進めている。

具体的には、まず大規模自治体である大阪府営住宅を対象とし、では再編計画で用いられる12の項目から統計的な分類軸が5つになることを明らかにしている。この5つは再編計画の策定時に用いられる指針での分類軸である、需要、効率性などといった軸とは異なっており、より現状に即した指標を導ける手法であることを指摘したうえで、大阪府営住宅は10のクラスタに分類されることを統計的に示し、それぞれの特徴を概観した。

そして、今後10年で再編予定の住宅団地群はそのうち総合的に課題が多くあり、一方で人気の無いという特徴を持つ5つのクラスタに含まれていることを指摘したうえで、クラスタの中心間距離を比較することで、クラスタごとに含まれる住宅団地の特徴を相対化し、人気度が低く移転先住戸の確保容易度が高い住宅団地から再編事業に取り掛かることで円滑に事業を進められる可能性が高いパターンと、入居者の住環境の改善に着目して、人気度が高い住宅団地から優先して建替えるパターンの2パターンの合理的な再編事業の事業実施優先順位を提案した。

次に、中小規模自治体である、宮崎県日向市を対象として、同様の分析を行い、12の項目から4

つの統計的な分類軸が導き、22の住宅団地が7つのクラスタに分類できることを明らかにしている。このうち、総合的に課題が多い住宅団地である2つの住宅団地から再編に取り掛かることが有用である可能性を提示し、日向市が現在検討中の再編計画とも照らし合わせ、この住宅団地が実際の再編計画に含まれていることから、この手法の妥当性を裏付けている。

また、大阪府営住宅と日向市営住宅では分類軸が異なることが明らかになったことから、事業の検討においては地域の独自性が反映される必要があることを示唆した。

第4章では、任意の住宅団地を対象とした効果的な再編計画策定の知見を得るため、深さ優先探索を応用した新しい探索アルゴリズムを開発することで、財政的な側面と実効性を考慮した再編事業のシミュレーションを実証的に行い、新しい数理モデルの提案とその実用性を示している。

まず、1つの住宅団地を対象として、接道条件を満たした住棟の組合せを導出する手法を開発し、既報の仮転居の可否を判別するアルゴリズムと合わせることで、再編事業として検討すべき廃止住棟の組合せを約105万通りから212通りへと大幅に削減できることを示した。また、回帰分析を用いて再編対象とする戸数及び棟数と財政負担の関係を明らかにし、再編事業の収益分岐点を示している。続いて、複数の住宅団地を対象とした探索アルゴリズムを開発し、同様に再編対象とする戸数及び棟数と財政負担の関係から、再編事業の収益分岐点を導いている。

結論として、本論文で得られた成果について要約する。

公営住宅の再編に関する従来の経験に依存したアプローチに代わる、グラフ理論を用いたアルゴリズムの活用や複数のクラスタリング手法を導入という新たな科学的・客観的アプローチを提示し、公営住宅の再編計画策定における新たな知見として以下の事項を示している。

① 統計的な手法により、任意の自治体の公営住宅を少数の分類軸でまとめることができ、自治体ごとの特徴に応じて再編計画を検討できること

② 任意の住宅団地の再編計画では探索アルゴリズムによるアプローチが収益性と実効性の両面で効果的であること。

また、より広範囲の住棟の組合せを探索する手法の検討や、複数の自治体の公営住宅での分類軸の違いの検討を今後の課題として挙げる。どちらも、本論の研究成果を踏まえ、より長い時間を掛けて様々な自治体と協力関係を構築する必要がある。

【謝辞】

分析データの取得においては神戸市建築住宅局住宅整備課、大阪府都市整備部住宅建築局住宅経営室、日向市建設部建築住宅課にご尽力いただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

【関連論文リスト】

- ・全体に対応

[A1]

○稲田 浩也 , 三浦 研: 住棟ごとの入居世帯データに基づく大都市公営住宅再編計画の検討—近隣への転居容易性と建替えコストを踏まえて—, 日本建築学会計画系論文集, 第 86 巻, 第 786 号, pp. 2043-2051, 2021. 8

DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.86.2043>

- ・第 3 章に対応

[A2]

○稲田 浩也 , 三浦 研: 教師無し機械学習を用いた公営住宅再編計画における事業優先順位検討手法の提案, 日本建築学会計画系論文集, 第 88 巻, 第 808 号, pp. 1884-1893. 2023. 06

DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.1884>

[A3]

○ Kouya INADA, Ken Miura : Optimizing Public Housing Redevelopment Priorities with Unsupervised Machine Learning: A Case Study in Japan, Urban & Regional Planning Review(投稿中)

- ・第 4 章に対応

[A4]

○稲田 浩也 , 三浦 研: 再帰関数を用いた深さ優先探索アルゴリズムによる公営住宅再編計画対象住棟の選定手法の提案, 日本建築学会計画系論文集, 第 88 巻, 第 805 号, pp. 813-822, 2023. 3

DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.813>

[A5]

○稲田 浩也 , 三浦 研: 深さ優先探索アルゴリズムを用いて複数の公営住宅で包括的に再編計画を検討する手法の提案, 日本建築学会計画系論文集, 第 88 巻, 第 809 号, pp. 2072-2079. 2023. 07

DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.88.2072>

