

空閑地の利活用実態に基づいたマルチエージェントシミュレーションによる土地利用の動態分析 —川崎市小田3丁目を事例として—

Analysis of land-use movement by Multi-Agent Simulation based on the voluntary decision-making

左右田 敢太*

Kanta SAYUDA*

Based on Multi-Agent Simulation(MAS), this paper presents effective urban policies to satisfy requirements of fire prevention and living environment. Taking a densely built-up area in Kawasaki city as case study, the author set up 6 different scenarios and conduct quantitative analysis. The following findings have been revealed after analysis; 1)Current strategies are not sufficient to reach the ratio of 40% of incombustible area in 20years, 2)Utilization of empty houses is more effective than increasing the subsidy, 3)Temporal use of vacant lots can indirectly initiate redevelopment.

Keywords: densely built-up area, vacant lot, Multi-agent simulation, Disaster prevention, temporary open space, living environment
密集市街地, 空閑地, マルチエージェントシミュレーション, 防災, 防災空地, 住環境

1 章 序論

1-1 研究背景

20 世紀の日本は、震災や戦災の復興に迫られる形で密集市街地の生産を繰り返してきた。密集市街地は、地震火災時に建物倒壊等による避難の閉塞が起りやすく、災害に対して脆弱であることが問題である。

従来の密集市街地整備は、大きく 2 つの方向性に分かれる。ひとつは道路等による延焼遮断帯など、災害時のダメージを街区外に拡げないための線的整備で、もうひとつは共同建て替えによる不燃化といった、街区内の被害を最小限に抑えるための面的整備である。両者は安全確保の対象を異にする一方で、比較的広範囲でまとまった敷地の一斉更新が必要だという共通点を持っていた。

21 世紀を迎えると社会の高齢化に伴い、密集市街地に空き家や空き地の増加という新たな問題が発生した¹⁾。こうした変化は、建物の老朽化を助長すると共に、外部不経済によってまちの賑わいや魅力を低下させるという、住環境への影響も及ぼす。さらに整備費用の負担者と受益者との乖離が建て替えモチベーションの減退を引き起こすため、従来の一斉更新型整備は一層困難になった。

今日の密集市街地整備は、よりきめ細やかなアプローチで、空閑地ごとの点的更新を積み重ね、それらの集積を街区全体の防災性向上に接続させる必要がある¹⁾。

そんな中、新たな点的整備政策として防災空地事業が注目されている⁸⁾。特に近年、地権者が固定資産税の免除と引き換えに暫定整備を行う事業例が見られ、空閑地の解体整備は容易になったといえる。さらに防災空地は一定の防災性向上に寄与するだけでない。住民の日常的な維持管理、利用を通して、防災意識向上やまちの賑わい創出も期待されている。

以上より示唆される今日の密集市街地整備事業の特徴は、以下の 3 点である。

- 1) 点的な空閑地整備が主である
- 2) 地権者の意思決定に基づいて漸進的に進められる
- 3) 住民の住環境への影響を与える

1-2 研究の目的

本研究では、以下の 3 つの事柄を可視化する。

- 1) 解体整備に対する地権者の意思決定構造
- 2) 解体整備の集積が街区の防災性に与える影響
- 3) 解体整備が周辺住民の住環境に与える影響

さらに、上記を組み込んだマルチエージェントシミュレーション（以下、MAS）モデルを構築し、対象地における土地利用の動態を予測する。その考察を通して、今後の密集市街地における自発的な空閑地整備事業の指針について知見を得ることが、本研究の目的である。

1-3 研究の方法

本研究は以下の方法で進められる（図 1）。

2 章では、市の調査や筆者個人による実地調査を通して、対象敷地の防災性について現況を把握する。

3 章では、市の調査や筆者個人によるインタビュー、アンケート調査を通して、対象敷地における密集市街地整備事業の実態を把握する。

4 章では、3 章までの敷地調査で得られた結果を通して、MAS を用いた動態分析モデルを構築する。そして整備の促進に寄与する事業のあり方を考察する。

最後に 5 章で、本研究における成果をまとめ、課題や展望について述べる。

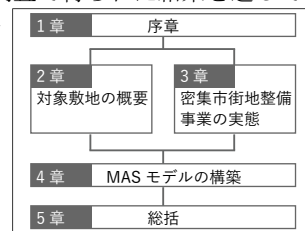


図 1. 研究フロー

* 早稲田大学創造理工学部建築学科 矢口哲也研究室 1X16A066-9

1-4 研究の位置づけ

本研究は、大きく分けて2種類の既往論文を基軸とした論文である。

ひとつは、1990年代から始まった密集市街地の空閑地整備に関する論文である。1998年、李ら¹¹⁾は東京都心部において非永続的な空閑地が地域の住環境向上につながり得ることを示した。また同年、田代ら¹²⁾は小規模な空閑地をオープンスペース化することで、地域の防火性に寄与することを示唆した。そして2017年、三好ら¹⁴⁾が防災空地の連坦による防災性と住環境への寄与について定量的に把握した。これらの論文は、空閑地の点的更新に対する有効性を示した一方で、いずれも仮定的な状況の設定か現状の把握に留まっている。それは事業が自発的な意思決定に基づいて行われるために、動態予測が困難だからである⁽²⁾。

他方、MASは自発的な意思決定によるボトムアップ的な土地利用動態を予測する手法として、日本では2000年代から研究が進められている。2000年、瀧澤ら¹⁵⁾は遺伝的アルゴリズムやセルフオートマトン法を下に、距離的制約によって集約性に変化の生じるMASモデルを構築した。また2007年、奥¹⁶⁾は周辺の土地との親和度に基づいて連鎖的に空き家が発生する様子を観測している。これらの論文は、いずれも動的な土地利用を観測するための手法として成果を上げているが、モデル作成に際して実地的な調査を踏まえていない点で再現性に課題を残す。

さらに本研究の類似論文として、2011年の吉永ら¹⁷⁾による論文が挙げられる。これは、インタビューや資料調査に基づく地権者の建替え行動を通して木造密集市街地の整備動向を予測したという点で有意義である。一方で、整備方法を新築の建て替えに限定したことや、住民の住環境について考察していないことなど、いくつかの点で重要な実態を捨象している。

以上より、本論文の新規性は以下の3点で表される。

- 1) 地権者の自発的な意思決定に基づいた密集市街地整備の動態を予測すること
- 2) 実地調査に基づいて、空閑地の利活用実態を反映した行動モデルを構築すること
- 3) 住民アンケートに基づいて、住民の住環境への影響を評価すること

1-5 用語の定義

用語の定義を以下に示す(表1)。

表1 用語の定義

用語	内容
空閑地	空き家や空き地のこと。
密集市街地	老朽化した木造建築が密集するために、耐火耐震性や避難機能が著しく低い市街地のこと。
地権者	土地とその上の建築物を所持し、解体整備する権利を持った人。
自発的な意思決定	地権者個人が自らの考えで解体整備の可否を決定すること。
防災空地	防災性向上を図り、空閑地を解体整備した安全な空地のこと。
暫定利用	貸借期間が恒久的ではなく、未確定である整備。近年の防災空地事業は土地の貸借期間が契約毎に異なるため、厳密な期間は予測できない。

2章 対象地の概要

本章では対象地における土地利用の現況分析を通して、密集市街地としての特徴を明らかにする。

2-1 対象地の選定

国土交通省は2012年、「地震時等に著しく危険な密集市街地」として全国197地区を指定した⁴⁾。川崎市でも2地区が指定され、小田もそこに含まれた。2017年、川崎市は不燃化重点対策特区(以下、単に特区)として小田周辺地区と幸町周辺地区を指定し、新たな整備事業を展開し始める²⁰⁾。中でも、小田3丁目は不燃領域率の低さから、災害時の被害が最も懸念されている地区であった。小田3丁目は、事業開始後初めて防災空地が設けられた場所であり、点的な整備の先行事例が見られる地区と言える²⁴⁾。

以上より小田3丁目を対象地として選定した。これ以降、「対象地」とは小田3丁目を指すものとする。

2-2 公表資料による対象地の現況

平成30年度川崎市による、対象地の現況調査²⁰⁾を一部抜粋する(表2)。対象地の不燃領域率は28.5%で、小田地区全体の数値を大きく下回っていることが分かった。一方で解体整備の対象となりやすい空閑地について、町丁目ごとのデータは公表されていない。MASモデルの初期値に取り入れるため、次項では実地調査によって空閑地の分布と総数を把握する。

表2 公表データによる対象地の現況

面積	用途地域	人口	世帯数	高齢化率
11.6ha	第2種住居地域	2425人	1264	29.8%(27.9)
不燃領域率	空地率	不燃化率	旧耐震	防火造以下
28.5%(43.2)	11.2%(16.5)	19.5%(32.0)	49.1%(46.0)	75.7%(71.3)

※()内の数字は、各項目における小田周辺地区全体の数値を示す。

2-3 実地調査による対象地の現況

2-3-1 実地調査の方法

表3に、対象地の土地利用に関する実地調査方法の概要を示す。調査項目は、MASモデル作成に必要な情報のうち、川崎市が公表していないものを選定し、重点的にを行っている。

実地調査では、既往論文¹³⁾を参考にした表4の定義に従って各土地の利用方法を判断した。ただし「駐車場」に関して、個人住宅の敷地内駐車場は含まないものとした。

表4 土地利用の定義

用途	判断基準
空き家	生活感(植木や洗濯物)がない 郵便ポストが塞がれている ガスメーターの値が100m以下
更地	車両が停められていない建築用地
駐車場	車両が停められた土地
公園	「公園」と表記された看板のある土地
防災空地	市で指定された場所(1か所のみ)

2-3-2 実地調査の結果

実地調査で得られた土地利用の現況図を示す（図2）。さらに各土地利用方法の総数をまとめる（表5）。

調査の結果、建物総棟数799棟に対して空き家は104棟確認された。空き家率は13.0%である。平成29年度の川崎区全体における空き家率は9.8%であり¹⁹⁾、周辺と比べて空き家率が高いことが分かる。空き家の多くは木造住宅であり、老朽化が激しく損傷しているものもあった。それらの空き家は災害時の延焼や倒壊による避難路の閉塞を引き起こす可能性があるため、建て替えを行う必要性が高いといえる。

また、対象地内には駐車場や手つかずの更地が多く確認された。駐車場の一部、更地のほとんどにおいて舗装等の整備はされておらず、敷地内で繁茂した雑草が火災時の延焼を助長する可能性があることが分かった。

さらに公園や防災空地等、災害時の延焼遮断帯や一時避難所として機能することが期待される敷地は、わずか3つであった。いずれも十分な面積が確保されているわけではなく、建替え整備を補完するだけの防災性に寄与しているとは言い難い⁽³⁾。



図2 土地利用の現況図

表5 実地調査による対象地の現況

建物総棟数		個人住宅数	共同住宅数	非住宅数
799棟		644棟(91)	117棟(9)	38棟(4)
空き家数	駐車場数	更地数	公園数	防災空地数
104棟	35	13	2	1

※()内の数字は、各用途における空き家数を示す。

2-4 小括

市は、対象地の不燃領域率を40%にすることを目標としている²⁵⁾。対象地の不燃領域率は、依然として市が目標とする数値を大きく下回っている。不燃領域率の因子である、建物の質的水準を考慮する不燃化率とオープンスペースの量的水準を考慮する空地率、そのどちらも低いことが原因である。不燃領域率を引き上げるには双方の改善が必要だが、空地率は幅6m以上の道路と100㎡以上の公園もしくは防災空地のみが計上される指標である⁽⁴⁾。創出される防災空地の面積が狭小な民有地に依存する現状を踏まえると、不燃領域率の引き上げには、建替え整備が中心的な役割を担う。

3章 対象地の整備事業実態

本章では川崎市の公表資料や筆者による関係者へのヒアリング・アンケートを通して、対象地の整備事業スキーム、地権者の意思決定構造、住民の住環境への影響、の3点を明らかにする。

3-1 事業スキーム

3-1-1 公表資料の整理

以下は、現在の対象地における密集市街地の改善に向けた支援政策²¹⁾をまとめたものである（表6）。

このうち共同建替えと道路拡幅に対する支援政策（表6④⑤）は、特区の指定以前から存在する。これらは面的または線的な更新を狙ったものであるが、対象地では思うように整備が進んでいない。そこで、特区の指定と点的整備に対する支援政策（表6①②③）を中心に、整備を進めているのが現状である。またソフト面からの取り組みとして、専門家による講演の誘致や行政の政策説明会、相談業務を通して住民へのリスク周知や防災コミュニティの醸成を図る、防災まちづくりが展開されている。

表6 対象地の密集市街地整備事業の内容

①老朽建築物の解体除却工事に対する補助金	
対象	旧耐震基準または耐用年数を超過した老朽建築物
補助内容	「実費×2/3」「延床面積×2万×2/3」「100万」（円）の内、最低金額
②建築物の耐火性能強化工事に対する補助金	
対象	新築(100㎡～)または改修(10㎡～)により耐火性能基準を満たす建築物
補助内容	延べ面積に基づき、8万～200万（円）
③防災空地等の創出に対する固定資産税等の非課税措置	
対象	3～5年以上の期間、地域へ開放される民有地
補助内容	固定資産・都市計画税の免除、維持管理の委託
④建築物の共同化建替工事・設計に対する補助金	
対象	複数の老朽建築物を共同で建替える事業
補助内容	「(調査設計計画費+土地整備費+共同施設整備費)×2/3」（円）
⑤指定路線の道路拡幅工事に対する補助金等	
対象	指定路線沿いの道路拡幅につながる堀の解体・新設
補助内容	～30万（工事費）、～45万（分筆登記費）、路線価4割（奨励金）（円）

3-1-2 ヒアリングによる実態把握

関係主体へのヒアリングから、事業スキームを調査する（表7）。事業主体を図3に、流れを図4に示す。

図3について、事業には川崎市・地権者・住民の3主体が関わる。住民内の町内会では、防災空地部が運営に、婦人会をはじめとする方々が維持管理に携わっている。また、地権者は対象地内外に住んでいる。対象地外に住む場合、住民は空き家の老朽化を知らせたくとも、地権者に連絡できない。対象地内に住んでいる場合も、住民は誰が地権者であるかを知らないことが多い。いずれも住民から地権者への働きかけは、少ない。

表7 調査概要

インタビュー調査	
調査対象：	
①防災空地部の方2人	
②維持管理者5人	
③市の事業担当者1人	
調査方法：	会話方式での聞き取りを録音
調査期間：	2019/9/11～2019/10/3
調査項目：	
①事業への関わり方について	
②事業の認知・周知について	

図4について、事業は4つの段階に分けられた。認知段階では、地権者自身による支援政策の検索の他、川崎市の発行する市政だよりや住民からの呼びかけによっても事業の認知が生じていた。解体検討段階では、地権者から市への相談があった後、市と地権者との話し合いが行われる。解体が行われた後の整備方法検討段階では、地権者は新築・駐車場・更地・防災空地のいずれかを選択する。その際市が防災空地事業を紹介し、町内会との合意を経て防災空地が整備されることがある。整備実施後段階では、防災空地の場合契約の更新または返却が行われる。

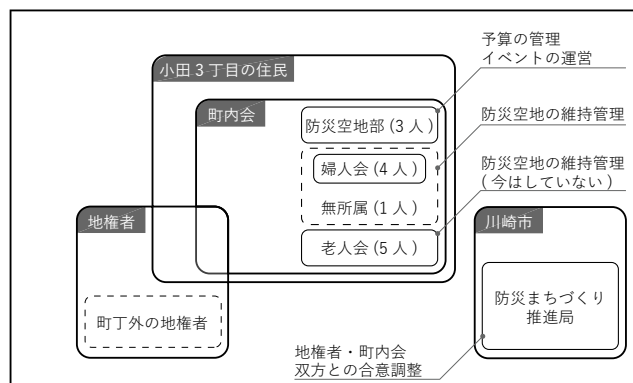


図3 整備事業に関わる各主体

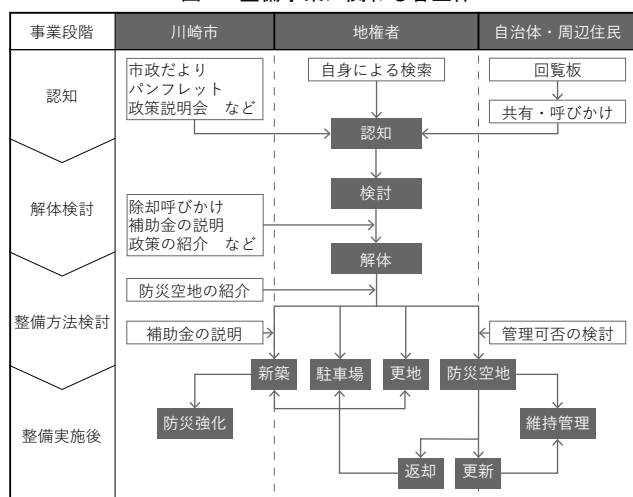


図4 整備事業の流れ

3-2 地権者の意思決定構造

3-2-1 公表資料の整理

2018年川崎市による小田住民への調査²²⁾によると、事業を知ったきっかけは市政だよりと回覧板が最も多く、そうした情報に触れるには、街への意識の高さや対象地内の居住が必要だと示唆される（図5-1）。次に建替えを検討する要因は建物の老朽化と自身の高齢化であり、物件の築年数と地権者の年齢が関係すると分かった（図5-2）。

また同年同市による空き家所有者への調査²³⁾では、所有物件の利用を阻む要因として老朽化が挙げられ、空き家の発生と物件築年数との関係性が読み取れる。さらに解体による固定資産税増額や、家屋への思い入れがあることによる放置は、たとえ解体を検討していても実行しない固定層の存在を示唆する。固定層の生じる要因は経済状況や愛

着の他に、遠方居住や高齢化も示唆された（図5-3）。解体後の整備利用方法検討に関して、調査では、更地化や建替えが挙げられている一方で、決まった意向の無い人も多い。実地調査による現況を鑑みれば、これらの人が解体後に駐車場化する可能性も考えられる（図5-4）。

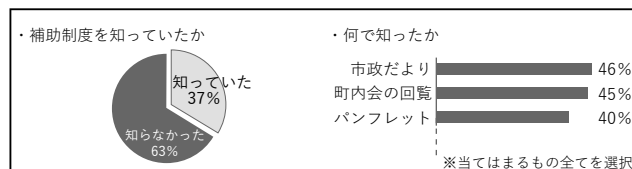


図5-1 事業の認知方法

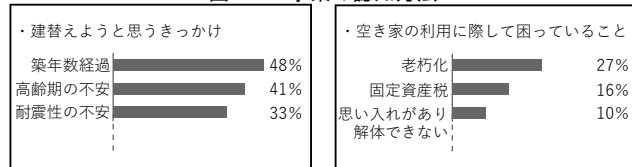


図5-2 建替えのきっかけ

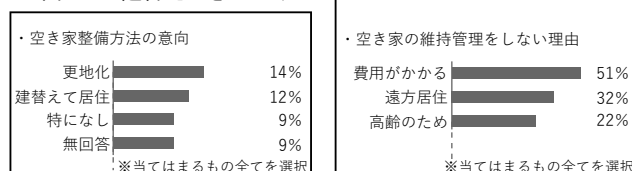


図5-4 空き地整備の意向

図5-3 整備の阻害要因

※図5は全て公表資料^{22) 23)}を基に筆者作成

3-2-2 地権者へのヒアリング

より詳細な意思決定構造を明らかにするため、ヒアリングを行った（表8）。

まず所有物件の解体整備を検討するきっかけとして「物件の老朽化」「次世の親族への迷惑」という点が挙げられた。前者は物件築年数、後者は地権者年齢や管理状況として理解できる。次に整備方法検討段階においても、「固定資産税の増加」や「親族の相続意図の有無」が重要な点に挙げられた。前者は経済状況、後者は管理状況に分類できる。さらに「防災性の向上に寄与できる点で、防災空地も整備方法の選択肢に入る」という話を得た。これは、街への意識が整備方法検討に影響を与えることを示唆する。

以上より、地権者の意思決定構造を構築した（図6）。事業の各段階における地権者の意思決定要因は「物件属性」と「個人属性」の2種類に分けられる。双方の属性は相互に影響を与え合い、地権者の意思決定をかたちづくる。

表8 インタビュー調査

インタビュー調査	
調査対象：地権者1人	
調査方法：会話方式での聞き取りを録音	
調査期間：2019/9/11~2019/10/3	
調査項目：	
①解体決定時に重要な要因	
②整備方法決定時に重要な要因	

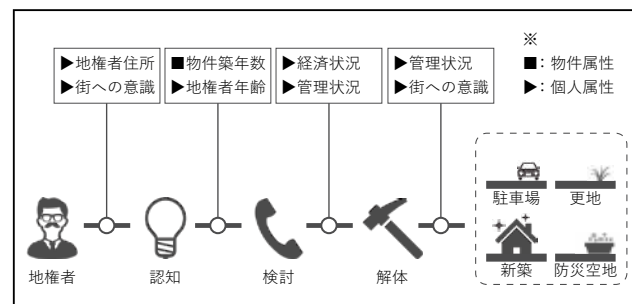


図6 各事業段階における主要な意思決定要因

3-3 住環境への影響

アンケートに基づいて、解体整備に伴う住民の住環境評価構造を把握する（表 9）。

調査の母集団は町内会の役員、もしくはその知り合いだと推測される。これは町内会の役員を介しての配布方法や、回答者の年齢層、整備事業の周知率が公表資料²¹⁾より高いこと等から読み取れる（図 7）。

次に住環境の評価軸を安全性・利便性・快適性の 3 つに想定し、各 2 つ計 6 つの具体的な項目に対し、1～5 点の得点をつけてもらった結果、安全性を最も重視していることが分かった⁽⁵⁾（表 10）。

さらに、解体後の整備方法を駐車場・新築・防災空地の 3 つに想定し、それぞれの安全性・利便性・快適性を評価してもらった⁽⁶⁾。表 11 の方法で評価軸ごとの重みづけを行った結果、新築と防災空地の効用が同程度高く、前者は快適性を評価される一方で、後者は安全性を評価されていることが分かった（表 12）。

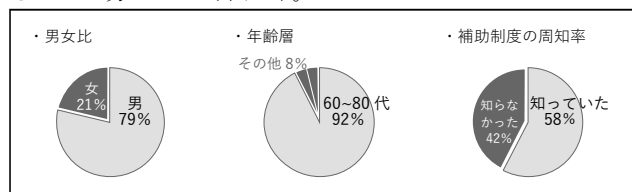


図 7 代表母集団

表 10 評価軸ごとの重要度平均値

安全性		利便性		快適性	
耐火性	避難性	駐車容量	公共空間	町並み	憩いの場
4.5	4.6	3.9	4.0	3.9	4.0
4.5		3.9		3.9	

表 11 評価軸ごとの重みづけを行う得点算出方法

n=21		安全性		利便性		快適性	
		耐火性	避難性	駐車容量	公共空間	町並み	憩いの場
駐車場・新築・防災空地 安全性 利便性 快適性	α _i	a _i	b _i	c _i	d _i	e _i	f _i
	β _i	A _i = α _i × (a _i + b _i) / 10, $\bar{A} = \sum A_i / n$					
	γ _i	B _i = β _i × (c _i + d _i) / 10, $\bar{B} = \sum B_i / n$					
		C _i = γ _i × (e _i + f _i) / 10, $\bar{C} = \sum C_i / n$					
		効用 U _{駐車場・新築・防災空地} = (Ā + B̄ + C̄) / 3					

※a_i~f_i, α_i~γ_iは1~5の整数で得点化してもらった。したがって0.2 ≤ U ≤ 5である。

表 12 各整備方法の効用

駐車場			新築			防災空地		
安全性	利便性	快適性	安全性	利便性	快適性	安全性	利便性	快適性
Ā=3.1	B̄=2.7	C̄=2.2	Ā=3.4	B̄=2.6	C̄=3.0	Ā=3.9	B̄=2.7	C̄=2.8
U _{駐車場} = 2.7			U _{新築} = 3.0			U _{防災空地} = 3.1		

表 9 アンケート調査

アンケート調査
調査対象：小田 3 丁目の住民 30 人 (その内、23 人有効回答)
調査方法：町内会の役員を介して配布
配布期間：2019/9/16~2019/10/4
調査項目：
①個人属性（性別、年齢、職業、家族構成）
②密集市街地整備事業への関心
③住環境に対する評価
④防災空地維持管理への参加意思

3-4 小括

本章では、対象地における整備事業の実態を把握した。事業は 4 つの段階に分かれ、各段階では地権者が物件属性や地権者本人の個人属性を基に、自発的な意思決定を下して解体整備に至っていることが分かった。また住民は、住環境において安全性を最も重視しており、整備方法として新築の快適性と防災空地の安全性を高く評価していることが分かった。

4 章 MAS モデルの構築

本章では、前章までに明らかとなった構造を基に構築した MAS モデルの考察を通して、効果的な整備事業を示す。

4-1 シミュレーション要求

前章までの分析によって、密集市街地における自発的な意思決定は、地権者個人の属性と、所有物件の属性との相互作用によってかたちづけられることが分かった。双方の属性は時間の経過とともに変化し、常に同じ状況が繰り返されることはない。したがって動態予測は、多様な属性の差異とそれらの時系列変化を許容する必要がある。

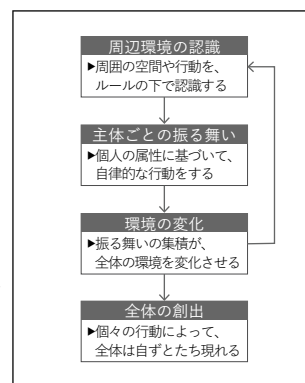


図 8 MAS の概念フロー

さらに整備事業は、解体後の整備方法によって住民の多様な住環境評価に影響しうることを明らかにした。地権者の自主性に大きく左右される整備事業の下では、動態予測に伴う住環境の変化も観察することが求められる。

これら背景を受けて、本研究では個人の意思決定に着目し、それらの集積による全体への影響を考察できる MAS を取り入れる。

4-2 モデルの基本設計

4-2-1 モデル構造図

図 9 に示すフローに従って、シミュレーションは行われる。各ステップでは、図 4 を基に構築した解体整備フローが、各主体の属性に伴って行われる（図 10）。図 6 を基に設定した主体ごとの属性は表 14 に、公表資料^{2) 22) 23)}を基に設定した各事業段階への移行確率は表 15 に示す。また、年次ごとのイベントを図 11 に示す⁽⁷⁾。

4-2-2 妥当性の検証

表 13 実測値との相関

国土地理院の基盤地図情報 ⁽⁶⁾			
	解体数 / 年	更地数 / 年	新築数 / 年
実測値	18.8	3.2	15.6
出力値	18.1	3.1	15.0
相関率	0.96	0.97	0.96

なかったことを踏まえ、一部構造を修正している⁽⁸⁾。

検証の結果、約 96% の相関率を得た。20 年間の動態予測をした場合でも、相関率は 9 割を超えるため、本モデルは妥当性があるものとする。

4-3 モデルの運用

本節では、対象地の建物現況（2章）や現行の整備事業（3章）の特徴に基づいて、6つの施策を実施する。各施策の動態予測を表16にまとめ、中でも現行支援継続（図12）、6つ全てを組み合わせた施策（図13）の動態予測と、定住促進・解体補助強化を加えた住環境変化比較（図14）を示す。

4-3-1 現行の整備事業による動態予測

概ね15年後に不燃領域率が37%を超えたあたりで建て替えが停滞し、それ以上の改善が見込まれなかった。加えて、空き家や駐車場等の空閑地が著しく増加した。その結果住民の住環境は、不燃領域率の改善に関わらず大きな改善に至らなかった。

4-3-2 6つの施策による動態予測

まず現行の整備事業を強化した政策として、解体補助の強化は空き家率・不燃領域率双方の改善に寄与したが、新築補助の強化は不燃領域率の改善に僅かに寄与した一方で、空き家率の改善には寄与しなかった。また、防災空地の増加は、定義式の上では不燃領域率に寄与しないにも関わらず、僅かに改善に寄与した。

次に現行の整備事業には含まれない政策として、移住促進は空き家率の改善に僅かに寄与したが、不燃領域率の改善には寄与しなかった。一方、定住促進と中古住宅市場活性は空き家率・不燃領域率・住環境の全ての改善に寄与した。

最後に6つ全ての施策を組み合わせると、不燃領域率は20年後に大きく40%を上回った。また、空き家率は18%程度で横ばいになることが示唆された。住環境は、3つ全ての面で大きく改善が見られた。

4-4 シミュレーション結果の考察

構築したMASモデルから、現行の整備事業には以下の傾向があると推測される。

- 1) 現行の整備事業では、街区内に住む解体整備に積極的な地権者による建て替えが済んだ後、街区外に住む解体整備に消極的な地権者の建て替えが進まないことが考えられる。その結果、不燃領域率の改善は40%手前で停滞する。
- 2) 不燃領域率が改善されるにも関わらず、住環境の改善はあまり見られないことが示唆される。高齢化による死亡者の増加や転出入バランスの不均衡によって、空閑地が多く発生し得ることが主な原因である。

その中で、現行の整備事業に対する知見として以下が示唆された。

- 3) 防災空地政策は、間接的に地権者の防災意識を高めることにより、不燃領域率を向上させる。オープンスペースとしての日常利用が可能なことから、建替え意識の低い地権者に対する代替的なアプローチになり得る。
- 4) 定住政策や中古住宅市場活性といった空閑地の利活用政策は、発生する空閑地の数が少なく、放置されがちな空き家による建て替えの停滞、更地による住環境への悪影響を抑えられることから、不燃領域率・空き地率の改善と共に、住環境も向上させ得る。

5章 総括

本研究で明らかになったことをまとめる。

5-1 研究のまとめ

2章では、対象地の現況を明らかにした。結果、不燃領域率の改善に防災空地の創出は直接関係せず、建替えによる改善が主であることが示された。

3章では、整備事業のスキームを明らかにした。事業には4つの段階があること、各段階では地権者の個人属性と所有物件属性との相互作用に基づいて、自発的な意思決定を行っていることを明らかにした。

4章では、3章までの知見に基づくMASモデルを構築した。分析の結果、1) 現行の支援策では20年後の不燃領域率を40%まで引き上げるのに不十分であること、2) 中古住宅市場活性や定住促進といった空き家対策が、不燃領域率・空き家率・住環境の改善に寄与すること、3) 防災空地などのオープンスペース創出は、直接的に不燃領域率を引き上げるわけではないが、間接的な建て替え促進につながりうることが示唆された。

5-2 課題

本研究では、実地調査によって明らかにした事業スキームを、MASモデルに変換し、各事業段階への移行確率を公表資料の値で補うことによって、シミュレーションを実行した。今後の課題として、このような異なる背景で集計されたデータをひとつのシミュレーションモデルとして取り扱うことが可能なのか、慎重に検討する必要がある。

4-2では、入手可能なデータの関係から解体数・更地数・新築数の3点によって妥当性を検証した。しかし、実際のシミュレーションにおいて不燃領域率・空き家率・住環境を出力する以上、妥当性の検証においてもこれらのデータについて確認可能な環境を創っていくことが、より実用的なシミュレーションの運用に不可欠である。

5-3 展望

密集市街地整備事業は、古くから問題視されながらも未だに明確な解決法を見出せていない問題である。その最大の原因は、整備決定権利のほとんどを地権者が担っている状況にもかかわらず、地権者の意思決定構造を事業に反映し切れていないからだといえる。行政主導の計画的な都市計画、民間企業主導の商業開発的な都市計画を経て、住民主導の共営的な都市計画の時代となった現代には、主体の自発的な行動を考慮した政策が必要である。MASによる新たな分析方法が、問題改善の一助になればと思う。

本研究では、住民を含めた対象地の各主体への調査を通して、モデルを構築した。従来のトップダウン的な、全体のシステムを個に適用するシミュレーション法ではなく、個による局所的な相互作用を基に全体を創出させたという点で、MASは本質的にボトムアップだといえる。重要なのは、一部の行政執行者が政策を検討するために結果を用いるだけでなく、住民が個と全体の繋がりを再認識し、まちに対する新たな見方を持てるよう、結果をフィードバックすることである。その意味で、住民への効果的な情報の共有方法を探っていくことが今後一層に求められる。

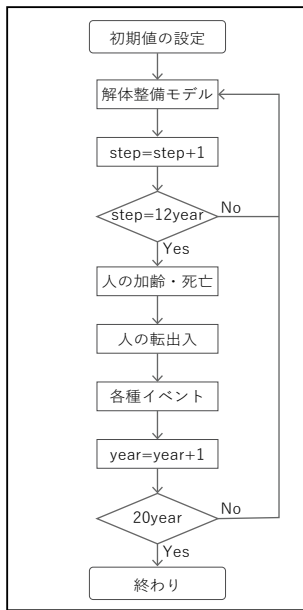


図9 全体フロー図

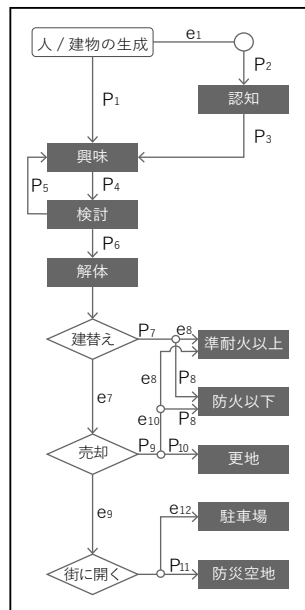


図10 解体整備フロー図

表14 主体ごとの変数

主体	変数(略称)	変数の内容
人	意思決定段階 (type)	0: 初期状態
		1: 認知段階
		2: 興味段階
		3: 検討段階
	街への意識 (cs)	0: 低い
		1: 高い
		年齢 (age) 20歳以上
建物	耐火性 (cd)	1: 準耐火以上
		2: 防火以下
		3: 旧耐震
	用途 (usage)	0: 0年以上
		1: 駐車場
		2: 更地
土地	土地年数 (old)	0: 0年以上
		1: 防災空地
		2: 防災空地
空き家	〈人〉と同じ変数	〈建物〉と同じ変数
		0: 川崎市外
		1: 川崎市内

表15 各段階への移行確率

確率	持家の地権者	空き家の地権者
P ₁	(1.4705 × [old] - 1.2718)/100	0.27 (cs=0)
P ₂	0 (cs=0)	0 (cs=0, ad=0)
	0.37 (cs=1)	0.37 (cs, ad=0, 1)
		1 (cs=1, ad=1)
P ₃	0.04 (cd=1)	0.02 (cd=1)
	0.16 (cd=2)	0.06 (cd=2)
	0.5 (cd=3)	0.25 (cd=3)
P ₄	0.41 (age ≥ 65)	0.15 (age ≥ 65)
	0.24 (age < 65)	0.1 (age < 65)
P ₅	0.35	0.27
P ₆	0.037	0.036
P ₇	0.81	0.074
P ₈	0.4 (cs=0)	0.4 (cs=0)
	0 (cs=1)	0 (cs=1)
P ₉	0.95	0.144
P ₁₀	0.66	0
P ₁₁	0 (cs=0)	0 (cs=0)
	0.016 (cs=1)	0.016 (cs=1)
e _n	"else"を表す(1 - P _n)	

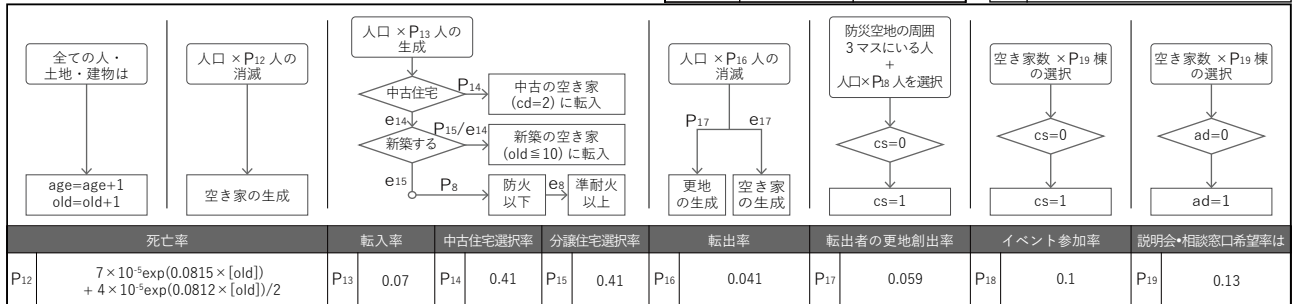


図11 年次イベントのフロー図と各移行確率

表16 6つのシナリオの説明と20年後の動態予測(10回の試行の平均値)

シナリオ	変更した内容	20年後の 不燃領域率 (%)	20年後の 建物棟数	20年後の 空き家率 (%)	20年後の土地総数			20年後の住環境変化率 (%)		
					更地	駐車場	防災空地	安全性	経済性	快適性
現行支援継続	特になし	37.8	763.4	32.5	2.8	73.9	0.9	3.9	△1.6	△0.2
解体補助強化	P ₅ を1割減。即ち P ₅ =0.32 or 0.24	38.7	763.3	30.6	2.9	73.9	0.9	5.0	△0.4	0.9
新築補助強化	P ₈ を1割減。即ち P ₈ =0.36 (cs=0)	39.1	766.4	32.4	2.8	70.6	1.2	4.9	△0.9	0.7
防災空地増加	1つ/年・丁まで創出可。即ち P ₁₁ =0.26 (cs=1)	38.7	762.7	33.0	3.1	66.4	8.8	4.0	△1.8	△0.3
移住促進	P ₁₃ を1割増。即ち P ₁₃ =0.077	38.0	765.9	30.7	2.6	71.8	0.7	4.5	△0.6	0.6
定住促進	P ₁₆ を1割減。即ち P ₁₆ =0.037	39.1	766.9	29.7	2.6	70.5	1.0	5.9	0.3	1.7
中古住宅市場活性	P ₁₄ を1割増。即ち P ₁₄ =0.45	39.2	768.9	29.3	3.1	68.2	0.8	5.6	0.1	1.6
全て組合せ	6つの政策を全て合わせる。	44.4	775.7	18.0	3	57.3	5.0	14.2	7.0	9.5

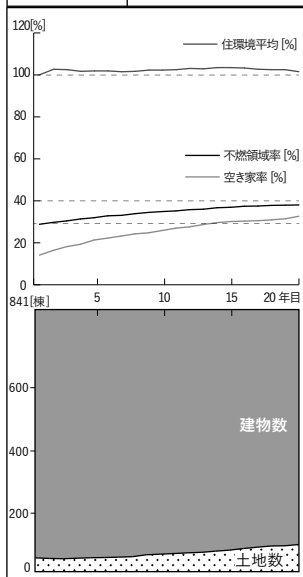


図12 〈現行支援継続〉の予測

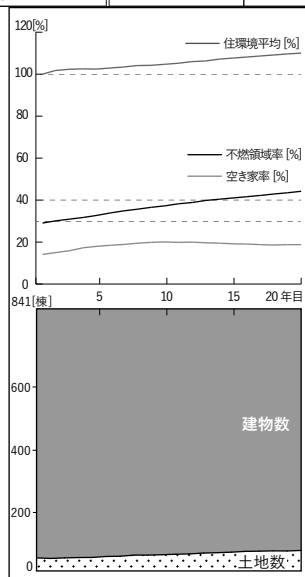


図13 〈全て組合せ〉の予測

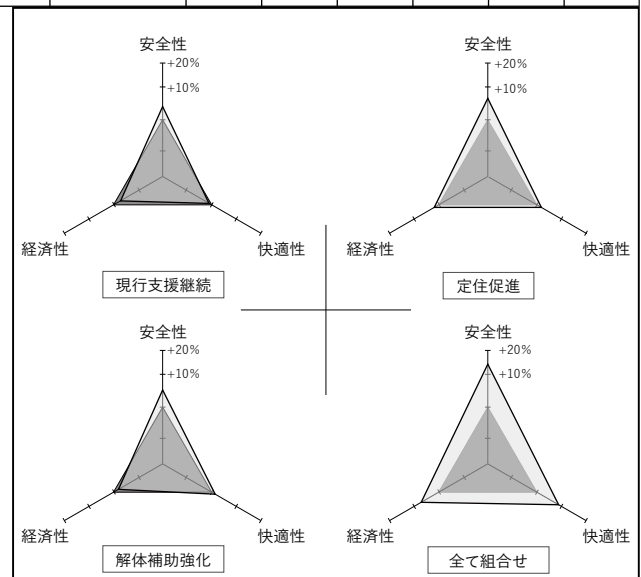


図14 4つの政策の住環境変化

【補注】

- (1) 加藤は、現代の防火対策について「(前略) 建築レベル防火対策を都市防火対策の中に明確に位置づけて、それを上手に活用しながら地域全体を安全にしていける、あるいは、未然防止していく考え方を強化していくことが重要なポイントであろう。」と述べている⁷⁾。
- (2) 事業「まちなか防災空地」を行う神戸市の担当者は『事業の到達点を示すことができず、現在の進捗状況を評価することが難しい』と述べている⁸⁾。
- (3) 中井らは大阪の密集市街地にて、空き家をすべて防災空地とした際の避難到達率を計算したが、平均 1.9 ポイントの改善しか見られなかった。その他道路化や道路拡幅、一時避難所としての活用検討を行ってようやく局所的な改善がみられる程度である。すべての空き家を防災空地化することは考えにくい以上、防災空地そのものによる防災性寄与は限定的である¹³⁾。
- (4) 本来の不燃領域率は、以下の式で表される²⁰⁾ (表 17)。しかし本研究の MAS モデルでは以下の定義式を用いている (表 18)。不燃化率の式は、①対象地の特性上建築面積はほぼ一様であり、個数換算と本質的に変わらないこと、②耐火建築物がほとんど存在しないこと、に基づいて簡易化した。現況値によって確認した簡易式と本来の式との不燃化率誤差は、0.3%であった。また空地率は現況値の 11.2 で固定している。防災空地の面積は元々の宅地面積に依存するが、密集市街地で 100 m²以上の防災空地ができることは考えにくいのである。

表 17 川崎市が用いる本来の定義式

不燃領域率 = 空地率 + (1 - 空地率) × 不燃化率
空地率 = (100 m ² 以上の空地面積 + 幅員 6m 以上の道路面積) / 対象地区面積
不燃化率 = (耐火建築物建築面積 + 準耐火建築物面積 × 0.8) / 全建築物建築面積

表 18 本研究で用いる定義式

変数	定義
空き家率	空き家数 / 全住戸数
不燃領域率	空地率 + (1 - 空地率 / 100) × (不燃化率)
不燃化率	{(準耐火以上建築物数 × 0.8) / 建物総棟数} × 100 ※実態を踏まえた上で、簡単のため準耐火以上の棟数のみで扱う
空地率	{(≧100 m ² の空地面積) + (≧幅 6m の道路面積) / 街区面積} × 100

- (5) 浅見⁹⁾は住環境を①安全性②保健性③利便性④快適性⑤持続可能性に分類している。対象地では最低限度の②を達成しているものとみなし、①③④を用いた MAS モデル分析によって⑤を論じようと試みた。
- (6) アンケート結果を参考に、MAS モデルに用いる各土地利用の効用を作成した。(表 19) 直接アンケートで訊かなかった対象について、空き家・更地等の保健性 (注 (5) 参照) を脅かす用途の効用は 1.0 点、その他の普通住宅の効用は一律 2.0 点とした。
- (7) その他イベントとして、防災空地は 10 年毎に 0.5 の確率で新築に置き換わるものとした。実態を踏まえた設定をしている。
- (8) 妥当性検証モデルでは、P2 = P3 = 0, P5=0.3 (持家地権者) or 0.22 (空き地権者) とした。その他は本モデルと同様である。

表 19 モデル内で用いる
各用途の住環境効用

用途	安全性	利便性	快適性
準耐火以上	3.4	2.6	3.0
その他建物	2.0	2.0	2.0
空き家	1.0	1.0	1.0
駐車場	3.1	2.7	2.2
更地	1.0	1.0	1.0
防災空地	3.9	2.7	2.8

【参考文献】

- 1) 国土交通省、密集市街地対策について、日本語、<https://www.mlit.go.jp/common/001215164.pdf>, 2019. 09. 25 閲覧
- 2) 国土交通省、平成 25 年住生活総合調査、日本語、<http://www.mlit.go.jp/common/001104812.pdf>, 2019. 09. 25 閲覧
- 3) 国土交通省、平成 26 年空き家実態調査、日本語、<https://www.mlit.go.jp/common/001110681.pdf>, 2019. 09. 25 閲覧
- 4) 国土交通省、『地震時に著しく危険な密集市街地』の地区数・面積一覧、日本語、<https://www.mlit.go.jp/common/000226568.pdf>, 2019. 09. 30 閲覧
- 5) 厚生労働省、簡易生命表、日本語、<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life09/>, 2019. 09. 30 閲覧

- 6) 国土地理院、基盤地図情報基本項目、日本語、<https://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>, 2019. 10. 30 閲覧
- 7) 加藤孝明 (2019), 「将来を見据えた都市防火対策のあり方; ~都市構造・地域社会の変化と都市防火の課題~, 生産研究, Vol. 71-4, pp. 837-843
- 8) 武田重昭 他 (2019), 「小さな空間から都市をプランニングする」, pp. 52, 学芸出版社
- 9) 浅見泰司 (2001), 「住環境一評価方法と理論」, pp. 04, 東京大学出版会
- 10) 山影進 (2011), 「人口社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門」, 書籍工房早山
- 11) 李 東毓, 黒岩 彩, 戸沼 幸市 (1998), 「東京都心部の空き地空間における有効利用の方向性に関する考察; 新宿区における現状と今後の課題に着目して」, 都市計画論文集, Vol. 33, pp. 43-48
- 12) 田代 順孝, 齊藤 庸平, 木下 剛 (1998), 「小規模暫定的オープンスペースからみた市街地の防火安全性」, ランドスケープ研究, Vol. 62-3, pp. 208-213
- 13) 中井 翔太, 嘉名 光市, 佐久間 康富 (2012), 「密集市街地における空き家の実態とその「防災空間」としての活用可能性に関する研究; 大阪市鶴橋地区を対象として」, 都市計画論文集, Vol. 47, pp. 1063-1068
- 14) 三好 章太, 嘉名 光市, 佐久間 康富 (2017), 「密集市街地の民有地を暫定利用する防災空地の評価手法の検討; 神戸市「まちなか防災空地整備事業」を対象として」, 都市計画論文集, Vol. 52, pp. 293-30
- 15) 瀧澤 重志, 河村 廣, 谷 明勲 (2000), 「適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成」, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 65-528, pp. 267-275
- 16) 奥 俊信 (2007), 「主に空地を介した土地利用移転によって形成される土地利用パターンの特徴: マルチエージェントの満足度戦略による土地移転モデルその 3」, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 72-617, pp. 87-94
- 17) 吉永 敦, 中野 冠 (2011), 「木造住宅密集型地域モデルの再開発シミュレーションに関する研究」, 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
- 18) 饗庭 伸 (2010), 「建築年に着目した都市における建築ストックの存在状況に関する研究; ~東京都八王子市を対象として~」, 日本建築学会計画系論文集, 75 (650), pp. 843-851
- 19) 川崎市、川崎市空家等対策計画、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000078/78781/akiyatoutaisakukeikaku.pdf>, 2019. 09. 15 閲覧
- 20) 川崎市、小田周辺戦略エリア整備プログラム、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000018/18027/honpen.pdf>, 2019. 09. 15 閲覧
- 21) 川崎市、支援制度のご案内、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000018/18027/pamphlet.pdf>, 2019. 09. 15 閲覧
- 22) 川崎市、密集市街地における住まいのアンケート調査のご報告、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000101/101235/anekka.pdf>, 2019. 09. 15 閲覧
- 23) 川崎市、空き家所有者アンケート集計結果、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/templates/press/cmsfiles/contents/0000107/107582/siryou2.pdf>, 2018. 09. 25 閲覧
- 24) 川崎市、幸町周辺地区防災まちづくり通信、日本語、http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000018/18089/saiwai_1803.pdf, 2019. 09. 15 閲覧
- 25) 川崎市、川崎市重点密集市街地における支援内容のご案内、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000018/18027/goannai.pdf>, 2019. 09. 15 閲覧
- 26) 川崎市、川崎市の世帯数・人口一覧、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/shisei/category/51-4-3-1-1-0-0-0-0.html>, 2019. 10. 17 閲覧
- 27) 川崎市、川崎市の人口動態、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/shisei/category/51-4-3-3-25-0-0-0-0.html>, 2019. 10. 17 閲覧
- 28) 川崎市、川崎市の住宅事情 2016、日本語、<http://www.city.kawasaki.jp/500/cmsfiles/contents/0000023/23164/kawasakisinojuutakuji2016.pdf>, 2019. 10. 17 閲覧