

不動産流通経営協会 研究助成事業
研究報告書

不動産取引価格から見たウォークアビリティと将来人口の関係性

大阪都市圏を対象として

研究代表者

加登 遼

大阪公立大学 生活科学研究科 助教

目次

第1章 序論.....	5
1.1 背景.....	5
1.2 目的.....	6
1.3 新規性.....	7
第2章 方法.....	9
2.1 構造方程式モデリング.....	9
2.2 都市生態分析.....	10
2.3 Walkability Index.....	10
2.4 不動産取引価格分析.....	11
2.5 将来人口分析.....	12
第3章 結果.....	13
3.1 地理的分布.....	13
3.2 各居住クラスターに応じた分布.....	16
3.3 構造方程式モデリング.....	19
第4章 結論.....	21
参考文献リスト.....	25
掲載論文.....	28

第1章 序論

1.1 背景

本研究の背景は、人口減少社会に向けて、戦略的に都市機能を誘導する立地適正化計画の限界である。Kato (2021)^[1]は、大阪都市圏を対象に、都市機能の立地と将来人口の関係性を分析した。その結果、スプロール市街地では、病院や福祉施設の立地が将来人口推計に影響するものの、オールドニュータウンでは、駅舎の立地が将来人口推計に影響しており、都市機能誘導だけでは将来人口の維持に寄与しない可能性を解明した。その結果は、都市機能の誘導とは異なる、新たな都市計画手法の必要性を示唆している。

研究代表者は、急速な人口減少を防ぐ都市計画手法として、ウォーカビリティ (Walkability) に着目して研究している。Kato et al. (2020)^[2]は、ウォーカビリティを、「居住エリアにおける歩行を促進する生活環境」と定義した。ウォーカビリティを向上することは、生活環境のデザインにより、居住者の歩行を促進することである。高齢化を伴う人口減少を迎える日本において、居住者の歩行を促進することは、健康寿命の延伸に寄与することに貢献することが期待できる。このウォーカビリティについて、加登ら (2017)^[3]は、日本で評価可能なウォーカビリティ指標を開発して、加登ら (2020)^[4]は、近隣環境の「空地活用型シナリオ」を提唱した。また、Kato (2020)^[5]は、スプロールエリアでは、ウォーカビリティを向上することで、エコロジカルフットプリント (環境負荷) を低減できることを解明した。近年は、スマートフォンの GPS ログデータを利用して、コロナ禍において徒歩圏での生活が増加したことも解明している^[6-8]。

このウォーカビリティを向上する機運は、全国的に高まりつつある。令和元年度、「都市の多様性とイノベーションの創出に関する懇談会」による『「居心地が良く歩きたくなるまちなか」からはじまる都市の再生』の提言^[9]を受けて、令和二年度、社会資本整備総合交付金・補助金に、「まちなかウォーカブル推進プログラム」を位置付けられた^[10]。それを受けて、令和3年11月30日時点で、319の自治体が「ウォーカブル推進都市」に参画している^[11]。ウォーカビリティが将来人口に影響に与える影響を解明することは、今後の都市計画の立案において、有効な手段となる。

本研究の「問い」は、「ウォーカビリティと将来人口推計の関係性は、間接的に不動産取引価格が影響しているのではないか？」ということである。全ての居住クラスターにおいて、ウォーカビリティを向上することが有効に機能するメカニズムがあるとは限らない。なぜなら、人口減少のプロセスには、居住クラスターの類型が影響しているためである。例えば、Kato (2021)^[1]は、スプロールクラスターでは医療施設や福祉施設などの立地が人口に影響するものの、オールドニュータウンクラスターでは駅舎の立地が人口に影響することを解明している。居住クラスターに応じて異なる理由は、市街地のインフラや、居住者層が異なるためである。そのため、人口の維持に寄与するために、ウォーカビリティの向上が寄与する居住クラスターを解明することは、ウォーカビリティを向上するデザインを行う市街地を

選定する上で、重要な選定基準となることが期待できる。さらに、寄与しない居住クラスターが分かれば、ウォークアブルデザイン以外の方法を検討することが可能となる。

1.2 目的

本研究の目的は、地理情報データを用いた分析により、ウォークアビリティの向上が将来人口の維持に寄与する居住クラスターと不動産種類を、不動産取引価格の観点から解明することである。それにより、町丁目別のウォークアビリティが、将来人口に与えるメカニズムを把握することができる。その関係を整理した図表が、図 2 である。不動産価格に着目する理由は、ウォークアビリティと将来人口を繋ぐ交絡因子となる可能性が高いためである。具体的に、ウォークアビリティが将来人口に与える影響は、明確なメカニズムが分かっていない。ただし、ウォークアビリティと不動産価格の関係性、不動産価格と人口の統計的関係性は、多くの研究の蓄積がある。そこで、ウォークアビリティ・不動産価格、将来人口が影響を与えるメカニズムを、構造方程式モデリングにより統合的に分析することで、ウォークアビリティが将来人口に影響を与えるメカニズムを解明することが期待できる。さらに、構造方程式モデリングを居住クラスター毎に分析することで、有効なモデルとなる居住クラスターを解明することができる。

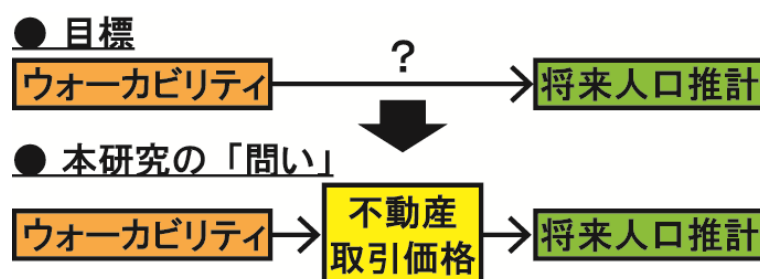


図 1 本研究の「問い」

その事例として、大阪都市圏（大阪府・京都府・兵庫県）を対象として、居住クラスターの類型に応じて分析を行う。大阪都市圏を対象とする理由は、世界の中でも、都市圏スケールで定常的に人口減少する都市圏であるためである（OECD State, 2021^[12]）。

本研究の意義は、将来人口の急速な減少の防止に向けて、自治体や企業によるウォークアビリティに着目した取り組みを、効果的に活用することができる点である。例えば、居住クラスターの類型に応じて、賃貸共同住宅や新築中古戸建住宅の立地を考慮しながら、ウォークアビリティを向上する取組みと、住宅政策を組み合わせ、新たな都市計画を立案することなどが想定される。それは、都市機能施設を誘導する立地適正化計画を補完する、新たな都市計画手法として機能することが期待できる。その一方、影響を与えない要因についても解明することができれば、ウォークアビリティに着目した取り組みを補足する、新たな取り組みの解明に向けた萌芽となることが期待される。

1.3 新規性

本研究の新規性は、今まで研究されてきたウォーカビリティと不動産取引価格の関係性と、不動産取引価格と将来人口推計の関係性を、居住クラスターや不動産の種類に応じて、統合的に分析することにある。具体的に、今まで、ウォーカビリティを向上することで、地域の魅力が向上して、将来人口も維持できる、という指摘はあった (Speck, 2013^[13])。しかし、統計的なメカニズムは解明されていない。その中で、本研究の独自性は、ウォーカビリティと将来人口を繋ぐ交絡因子として、不動産価格を分析することである。

このウォーカビリティと不動産価格の関係性について、Renne et al (2016)^[14]は、アメリカの4399か所を対象とした研究において、ウォーカビリティが高いエリアほど、不動産価格が高くなることを解明している。その一方、ウォーカビリティが高いエリアでは、移動コストは低くなるため、結果的にアフォーダブルであることを解明している。このような研究は、世界各国で進んでいる。Xia et al (2018)^[15]は、住民のアメニティを考慮した Walkability measure model を開発して、南京市を対象に不動産価格の関係性を分析した。その結果は、統計的に有意に正の影響を与えていることを解明した。その一方、逆の結果も得られている。Zhang et al. (2019)^[16]は、深圳市中心部を対象に、ウォーカビリティと不動産価格を分析した。その結果、ウォーカビリティは、不動産価格に負の影響を与えていることを解明した。この要因について、本研究は、居住クラスターと不動産の種類に応じて、ウォーカビリティとの相関を解明する点に新規性がある。

不動産種類に応じた研究も進んでいる。戸建住宅に関する既往研究について、Boyle et al (2014)^[17]は、フロリダのマイアミを対象に、単身世帯住宅とコンドミニアムの不動産価格に対して、ウォーカビリティが与える影響を分析した。その結果、ウォーカビリティが不動産価格に与える影響は、統計的に有意ではないことを解明している。その一方、Li et al. (2015)^[18]は、テキサスのオースティンを対象に、2010-2012年における単身世帯住宅の売買価格とウォーカビリティの関係性を分析した。その結果、ウォーカビリティが高いエリアは、戸建住宅の不動産価格と正の相関があることを解明した。その一方、自動車に依存しているエリアでは、ウォーカビリティと戸建住宅の不動産価格は相関が無いことが分かった。次に、共同住宅に関する既往研究について、Kim (2020)^[19]は、韓国のソウルにおける不動産価格とウォーカビリティの関係性を分析した。その結果、住宅価格の低いエリアでは、ウォーカビリティと正の相関があることを解明した。その一方、住宅価格の高いエリアでは、ウォーカビリティと統計的な関係がないことが分かった。

次に、不動産価格と人口の関係性に関しても、研究の蓄積がある。Saita et al. (2016)^[20]は、日本とアメリカを対象に、不動産価格と人口が正の相関があることを解明した。さらに、不動産価格が高齢者人口と負の相関があることを解明した。しかし、ドイツ都市圏において、Maennig et al. (2008)^[21]は、人口が減少している地域において、戸建住宅の不動産価格と、人口に関係性がないことを解明した。この結果は、高齢化と人口減少が進む日本においても、不動産価格の下落が深刻な問題になる可能性を示唆している。その一方、不動産価格の上昇

に伴う人口減少も、ジェントリフィケーション（Gentrification）として社会問題になりつつある^[22]。例えば、Kato (2020)^[23]は、京都において、簡易宿所の増加が、観光ジェントリフィケーション（Tourism Gentrification）として、不動産価格を上昇させて、居住者や店舗を追い出していることを解明した。

以上のように、ウォーカービリティと不動産取引価格の関係性や、不動産取引価格と将来人口推計の関係性は、正の相関や負の相関など、様々な結果が導かれている（図 2）。結果が異なる要因は、分析対象エリアの居住クラスターや不動産の種類により生じているものと考えられる。本研究の新規性は、今まで研究されてきたウォーカービリティと不動産取引価格の関係性と、不動産取引価格と将来人口推計の関係性を、居住クラスターや不動産の種類に応じて、構造方程式モデリングを用いて、統合的に分析することにある。

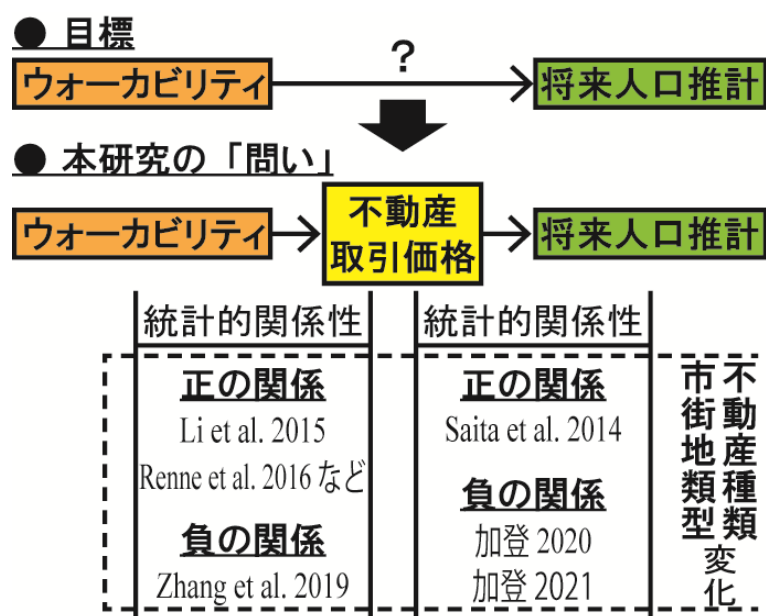


図 2 本研究の「問い」

第2章 方法

2.1 構造方程式モデリング

本研究は、町丁目別に算出したウォーカビリティ WI・不動産取引価格・将来人口推計の関係性を、居住クラスターに応じて、共分散構造方程式モデリング(SEM)で分析する(図3)。そのSEMは、図4である。具体的に、居住クラスターは、Kato (2020)^[1]と Kato (2021)^[5]、Kato et al. (2021)^[7]が、都市生態分析により類型化した13種類の居住クラスターを利用する。ウォーカビリティ WI は、Kato (2020)^[1]が Walkability Index により算出したデータを利用する。不動産取引価格は、賃貸共同住宅・分譲共同住宅・賃貸戸建住宅・分譲戸建住宅・賃貸店舗・分譲土地の取引価格を分析する。将来人口推計は、Kato (2021)^[5]が、国土技術政策総合研究所が提供する将来人口・世帯予測ツール V2^[24]を用いて算出した、2020年から2040年までの将来人口変化率を利用する。

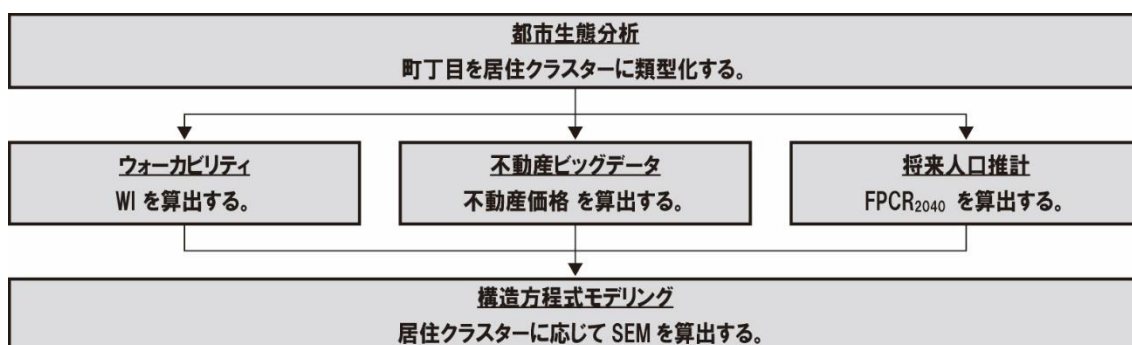


図3 本研究の構成 (出典: Kato et al. 2021 の日本語訳)

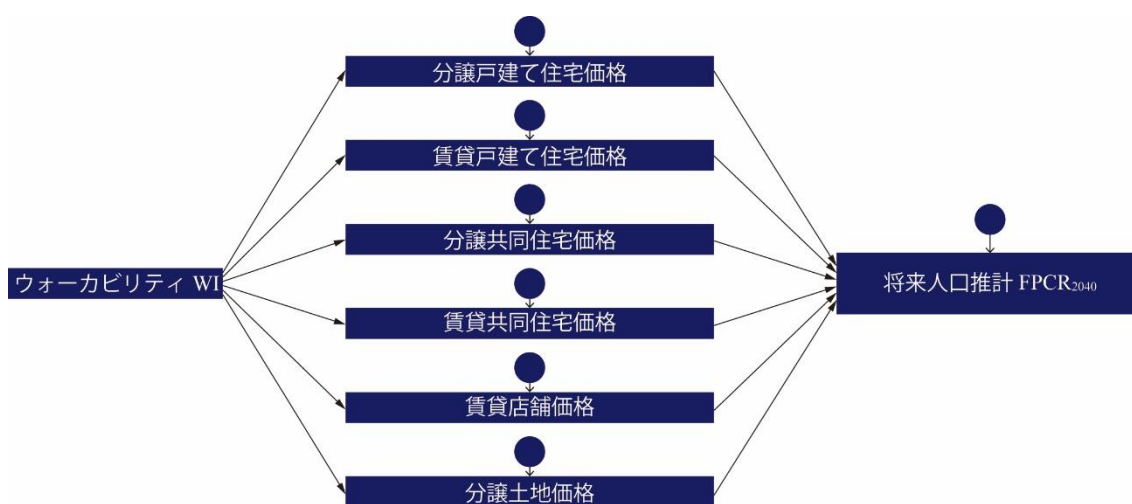


図4 本研究における SEM (出典: Kato et al. 2021 の日本語訳)

それらウォーカビリティ WI・不動産取引価格・将来人口推計のデータを用いて、SEM を算出する。そして、SEM の検定量(GFI (Goodness of Fit Index) > 0.90, AGIF (Adjusted Goodness of Fit

Index) > 0.90, RMSEA (Root-Mean-Square Error of Approximation) < 0.10)に基づき、有効な SEM を持つ居住クラスターを特定する。その有効な居住クラスターの SEM について、パス係数に着目することで、ウォークビリティの向上が、将来人口推計の上昇に寄与する不動産を特定する。それにより、ウォークビリティの向上が将来人口の維持に寄与する不動産を解明することが可能になる。

2.2 都市生態分析

本研究は、都市生態分析 (Urban Ecological Analysis) により、大阪都市圏における町丁目を類型化する。都市生態分析とは、凝集という概念から都市構造を分析するシカゴ学派の社会地区分析に位置づけられており、社会や経済、人口などの幅広い統計データを因子とした帰納的手法により、空間的パターンを導出する分析方法^[25]である。

本研究の都市生態分析は、以下の 5 つの手順を行った。まず、平成 27 年度国勢調査町丁目小地域集計^[26]における 53 指標を導出した。次に、標準化構成比を算出した。そして、標準化構成比のデータを用いて主成分分析を行った。さらに、ガットマンカイザー基準により、固有値 1.0 以上の主成分を抽出した。なお、本研究で抽出した主成分は 7 つだった。この 7 主成分は、総変数量の 78.8% を占めており、十分信頼できるデータを得ている。最後に、その主成分の主成分得点を用いて、階層型クラスター分析 (Ward 法) を行った。その結果を基に、大阪都市圏の町丁目を、13 つの居住クラスターに分類する。なお、各居住クラスターの名称は、標準化構成比と、市街化調整区域割合、都心部からの距離に基づき決定する。

2.3 Walkability Index

本研究は、ウォークビリティ指標 (Walkability Index, 以下、「ウォークビリティ WI」と省略) を用いて、町丁目別の居住エリアを評価する。本研究が使用するウォークビリティ WI は、Frank, L.D. et al. (2009) が、アメリカを事例に近隣環境を評価する指標として開発した、GIS を用いたウォークビリティに関する評価指標の 1 つである^[27]。このウォークビリティ WI の特徴は、多くの研究で、実際の歩行者数に対する有効性が検証されている点である。

このウォークビリティ WI は、以下の式 1 から式 4 により算出される。具体的に、式 1 による世帯密度 ND^[25]・式 2 による交差点密度 SC^[28]・式 3 による土地利用混合度 LUM^[29]を、式 4 により標準化した数値を合算した数値である。

$$ND_k = \frac{H_k}{A_k} \quad \text{式 1}$$

$$SC_k = \frac{I_k}{L_k} \quad \text{式 2}$$

$$LUM_k = \sum_{i=1}^3 \frac{p_{k,i} \times \ln p_{k,i}}{\ln n} \quad \text{式 3}$$

$$WI_k = z_{ND_k} + z_{SC_k} + z_{LUM_k} \quad \text{式 4}$$

H_k は、2015 年国勢調査データにおける NA_k 内の総人口である。 A_k は、2015 年国勢調査データにおける NA_k 内の総住宅面積である。 I_k は、道路の中心線データにおける NA_k 内の交差点数である。 L_k は、道路の中心線データにおける NA_k 内の道路総延長距離である。 $p_{k,i}$ は、国土数値情報 5000 データにおける NA_k 内の土地利用 i の面積比率である。 i は、国土数値情報 5000 データにおける土地利用区分である。 z_i は、標準化値である。

2.4 不動産取引価格分析

本研究は、GIS を利用して、不動産種類別の不動産取引価格の平均値について、町丁目別の居住エリアを分析する。そのデータとして、アットホームデータセットを利用する。このアットホームデータセットは、アットホームが運営する全国不動産情報ネットワークに、2015 年 1 月～2019 年 12 月に登録された不動産物件情報のビッグデータである^[30](図 5)。そのデータは、不動産取引価格(もしくは家賃)の他、共同住宅は緯度経度まで、戸建住宅は町丁目まで記載されていることにある。すなわち、本研究の分析に最も適したデータである。

なお、アットホームデータセットについて、国立情報学研究所が研究者に提供しており、研究代表者も、2021 年 4 月から提供されている(ATHM-21-04)。

The screenshot shows the NII website interface. At the top, there is a header with the NII logo and 'National Institute of Informatics'. Below the header is a navigation bar with links like 'HOME', 'データ一覧', '研究成果一覧', etc. The main content area is titled 'アットホームデータセット'. It includes a description: 'アットホーム株式会社が国立情報学研究所を通じて研究者に提供しているデータセットです。' and a creation date of '2020/12/15 作成'. There is a 'データ概要' (Data Summary) section with a sub-section '1. 不動産物件データ' (Real Estate Property Data). This section describes the data source as 'アットホームが運営する全国不動産情報ネットワーク' and provides details on the data collection period (2015.1.1 to 2019.12.31), target areas (national), and target types (rental, commercial, sale). It also lists the data items (price, area, structure, etc.) and the format (CSV, ~28GB).

図 5 国立情報学研究所におけるアットホームデータセットの説明

(出典 : <https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/athome/>)

このデータセットの中から、大阪府・京都府・兵庫県に立地するデータを抽出する(N=7,281,785)。そして、不動産種類を、分譲共同住宅(N=393,901)・賃貸共同住宅(N=6,083,241)・分譲戸建住宅(N=69,468)・賃貸戸建住宅(N=77,927)・賃貸店舗(N=628,086)・分譲土地(N=86,938)の6種類に分類する。そして、町丁目別の不動産種類別の不動産取引価格の平均値を算出する。

2.5 将来人口分析

本研究は、コーホート要因法により、2020年から2040年までの将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ について、町丁目別の居住エリアを分析する。このコーホート要因法とは、各コーホートについて、自然増減(出生と死亡)及び純移動(転出入)という二つの人口変動要因それぞれについて将来値を仮定して、それに基づいて将来人口を推計する方法である(図6)。本研究が「要因法」を採用した理由は、ニュータウン開発や鉄道新設による大規模な人口流入など、特殊な人口変動が想定されるためである。なお、本研究は、国土技術政策総合研究所が開発した「将来人口・世帯予測プログラム V2(H27国調対応版)」を使用した^[24]。そのコーホート要因法により、2020年の町丁目別将来人口と2040年の町丁目別将来人口から、2040年の町丁目別将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ を算出する。



図6 将来人口・世帯予測プログラム V2 (H27国調対応版)

第3章 結果

3.1 地理的分布

3.1節は、地図による各データの分布の結果を述べる。まず、都市生態分析の結果は、図7である。都市生態分析により、町丁目を、13種類のクラスターに類型化した。その13クラスターの名称は、インナーシティクラスター、ビジネスセンタークラスター、鉱業クラスター、密集住宅地クラスター、公営住宅地クラスター、非居住クラスター、農業クラスター、スプロールクラスター、高層住宅地クラスター、山間部クラスター、オールドNTクラスター、近郊農業クラスター、農村クラスターである。それぞれのクラスターの立地について、市街化調整区域割合(%)、都心部からの距離(km)から整理する。中心部に立地のクラスターは、インナーシティクラスター(84.5%、19.3 km)、ビジネスセンタークラスター(86.2%、34.5 km)である。郊外部に立地するクラスターは、密集住宅地クラスター(77.1%、31.2 km)、公営住宅地クラスター(72.4%、26.7 km)、非居住クラスター(55.2%、43.9 km)、スプロールクラスター(66.2%、38.2 km)、高層住宅地クラスター(61.8%、25.9 km)、オールドNTクラスター(59.1%、26.7 km)、近郊農業クラスター(21.3%、63.1 km)である。農村部に立地するクラスターは、鉱業クラスター(45.1%、59.9 km)、農業クラスター(23.6%、71.6 km)、山間部クラスター(40.7%、56.1 km)、農村クラスター(24.9%、52.1 km)である。

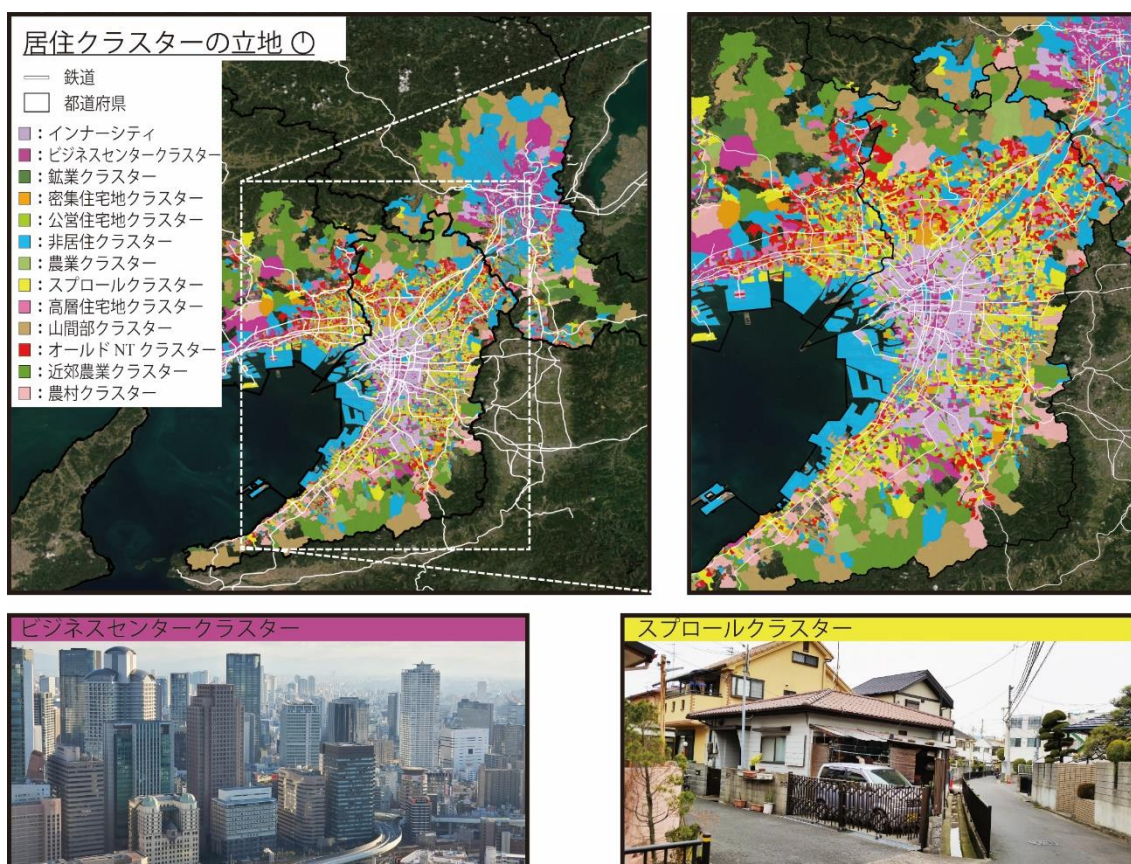


図7 居住クラスターの立地 (出典: Kato et al. 2021 の日本語訳)

次に、各町丁目のウォーカビリティの結果が、図 8 である。図 8 は、都市部において、ウォーカビリティが高いことを示している。その都市部の中でも、鉄道沿線でウォーカビリティが高いことを示している。その理由は、都市部では都市施設が集積しており、土地利用の多様性が高いためである。実際、多くの人が公共交通を利用しながら、徒歩で生活している。その一方、図 8 は、農村部において、ウォーカビリティが低いことを示している。農村部では、都市施設が拡散しており、土地利用の多様性が低いためである。実際、多くの人が、自家用車を利用している。これらの結果は、居住クラスターの類型と、ウォーカビリティの数値が関係していることを示唆している。

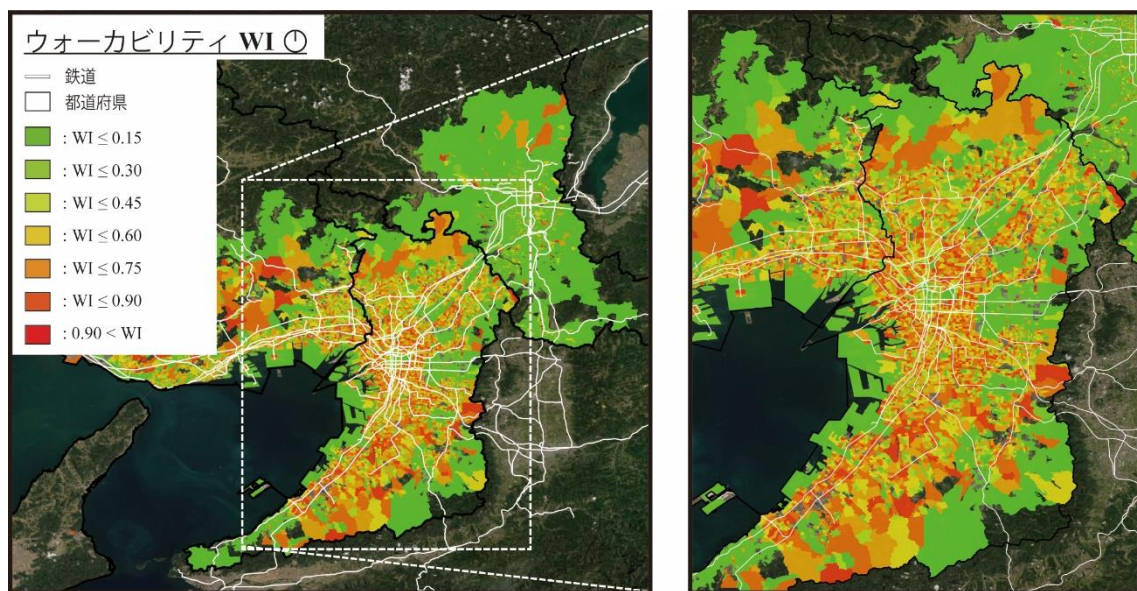


図 8 ウォーカビリティの立地（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

次に、各町丁目の不動産取引数の結果が、図 9 である。不動産取引数は、分譲共同住宅、賃貸共同住宅、分譲戸建住宅、賃貸戸建住宅、賃貸店舗、分譲土地の 6 種類により整理した。その結果、大阪都市圏では、戸建住宅や店舗よりも、共同住宅の方が多く立地することが分かった。その共同住宅の中でも、賃貸共同住宅は、大阪都市圏一体に立地することが分かった。一方、分譲共同住宅は、主に都市部の鉄道沿線に立地することが分かった。

次は、賃貸共同住宅を対象に、各町丁目の不動産取引価格の結果が、図 10 である。賃貸共同住宅を対象に分析した理由は、6 種類の不動産類型の中で、大阪都市圏全体に立地していたためである。その結果、賃貸共同住宅の不動産取引価格は、大阪市、京都市、神戸市に近いほど高くなることが分かった。また、賃貸共同住宅の不動産取引価格は、鉄道沿線に近いほど高いことが分かった。これらの結果は、居住クラスターと不動産取引価格が関係する可能性を示唆している。

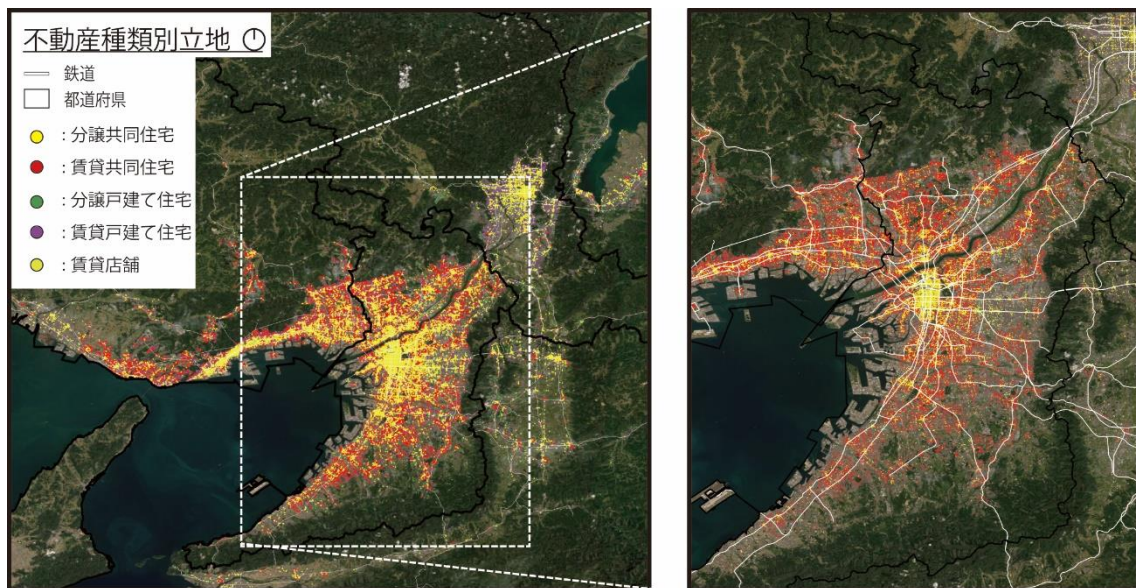


図9 不動産取引量の立地（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

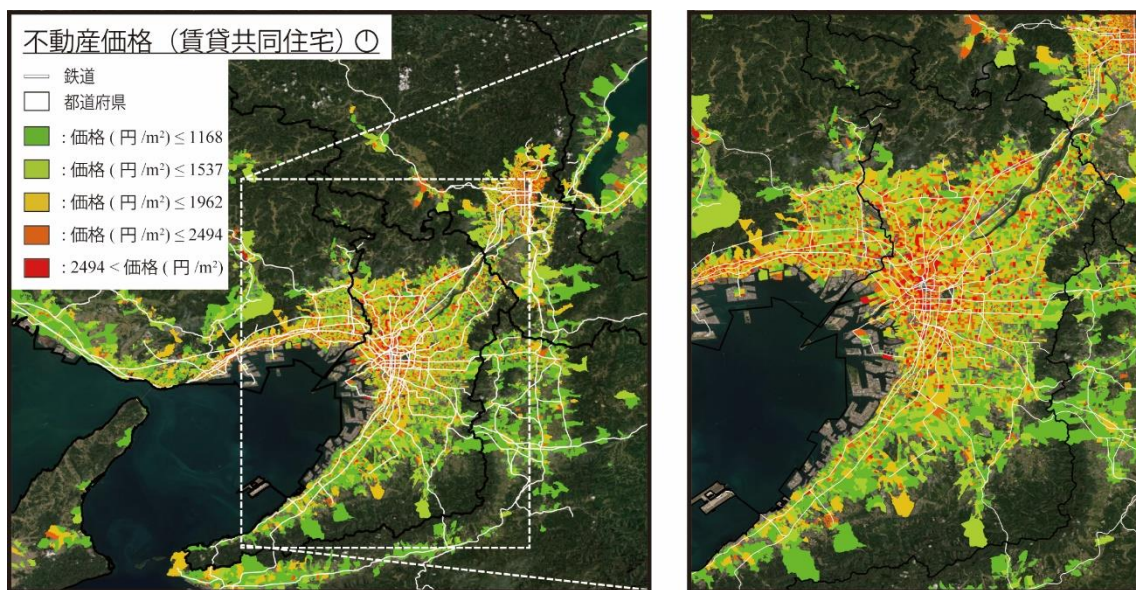


図10 不動産取引価格の立地（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

次に、各町丁目の将来人口変化率 FPCR₂₀₄₀ の結果が、図 2-7 である。図 11 は、大阪都市圏の多くのエリアで、人口が減少することを示している。しかし、人口が増加するエリアも、拡散的に立地している。その拡散的に人口が増加するエリアは、必ずしも中心部ではないことが分かった。

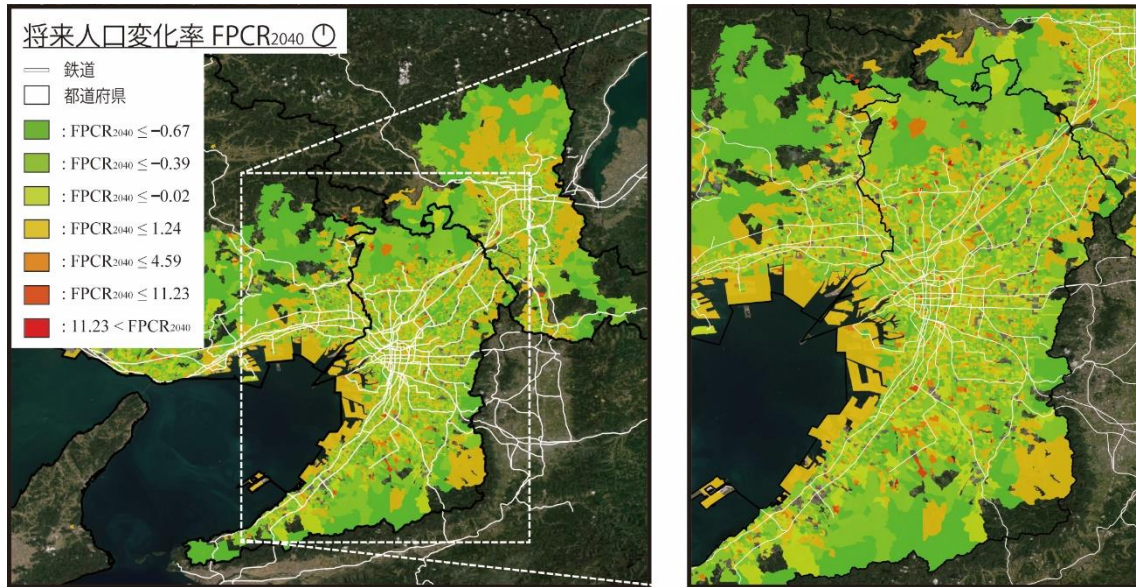


図 11 将来人口変化率の立地（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

3.2 各居住クラスターに応じた分布

3.2 節は、居住クラスターに応じて、ウォーカビリティ・不動産取引価格・将来人口変化率を、箱ひげ図で描画した。居住クラスターに応じたウォーカビリティを箱ひげ図で描画したのが、図 12 である。なお、図 12 は、外れ値を描画していない。図 12 より、中央値に着目すると、インナーシティクラスター (WI=0.60)、密集住宅地クラスター (WI=0.61)、公営住宅地クラスター (WI=0.54)、スプロールクラスター (WI=0.49)、高層住宅地クラスター (WI=0.46) で、数値が高いことが分かった。

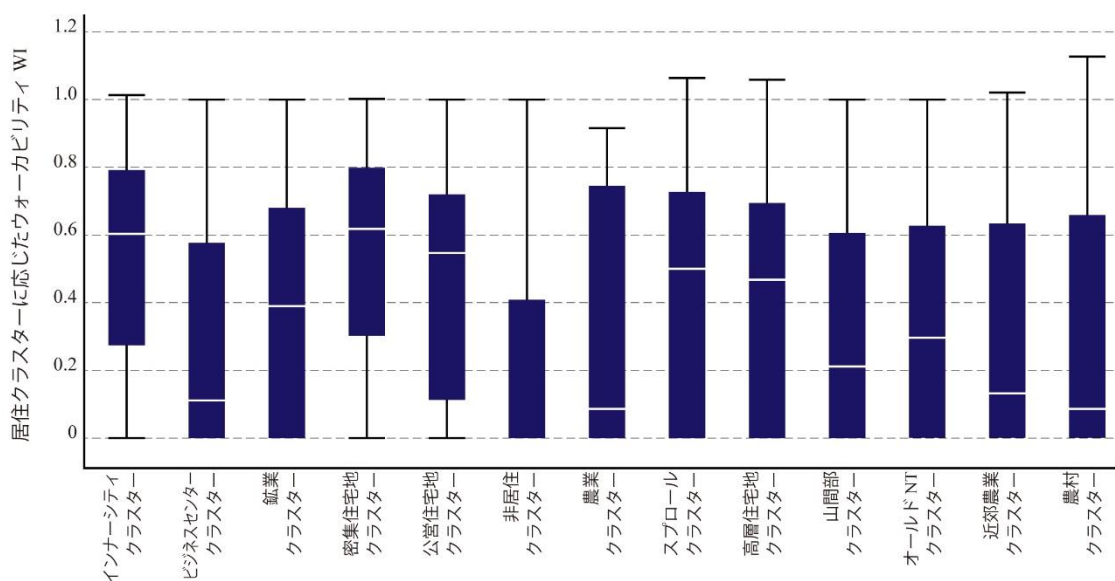


図 12 居住クラスターに応じたウォーカビリティ（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

居住クラスターに応じた各不動産種類の不動産取引数を棒グラフで描画したのが、図 13 である。最も不動産取引数が多いのは、インナーシティクラスターである (N=2,221,702)。次に多いのが、ビジネスセンタークラスターである (N = 1,368,720)。これらの居住クラスターは、共に都心部に立地している。その次に、郊外部に立地する居住クラスターで、不動産取引数が多いことが分かった。それらは、スプロールクラスター (N = 1,008,296)、密集住宅地クラスター (N=661,647)、オールド NT クラスター (N=546,417)、公営住宅地クラスター (N = 371,159) であることが分かった。

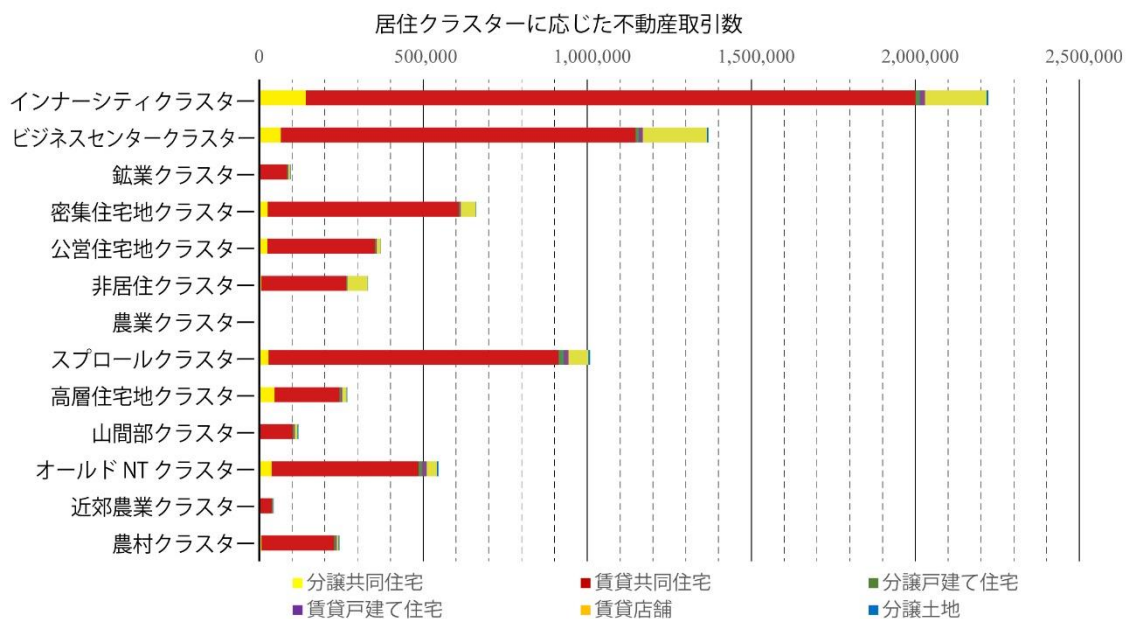


図 13 居住クラスターに応じた不動産取引量 (出典: Kato et al. 2021 の日本語訳)

居住クラスターに応じた不動産取引価格を箱ひげ図で描画したのが、図 14 である。この不動産取引価格は、延べ床面積で除した、平米あたりの不動産取引価格である。なお、図 14 は、外れ値を描画していない。この不動産取引価格は、分譲共同住宅、賃貸共同住宅、分譲戸建住宅、賃貸戸建住宅、賃貸店舗の全てを含む取引価格である。中央値に着目すると、1500 円/ m² から 2000 円/ m² の範囲である。この不動産取引価格の中央値が高い居住クラスターは、インナーシティクラスター (2022 円/ m²)、ビジネスセンタークラスター (2124 円/ m²)、密集住宅地クラスター (1923 円/ m²)、高層住宅地クラスター (1771 円/ m²) であることが分かった。その一方、不動産取引価格の中央値が低いのは、公営住宅地クラスター (1368 円/ m²)、農業クラスター (1438 円/ m²)、近郊農業クラスター (1479 円/ m²)、農村クラスター (1323 円/ m²) であることが分かった。

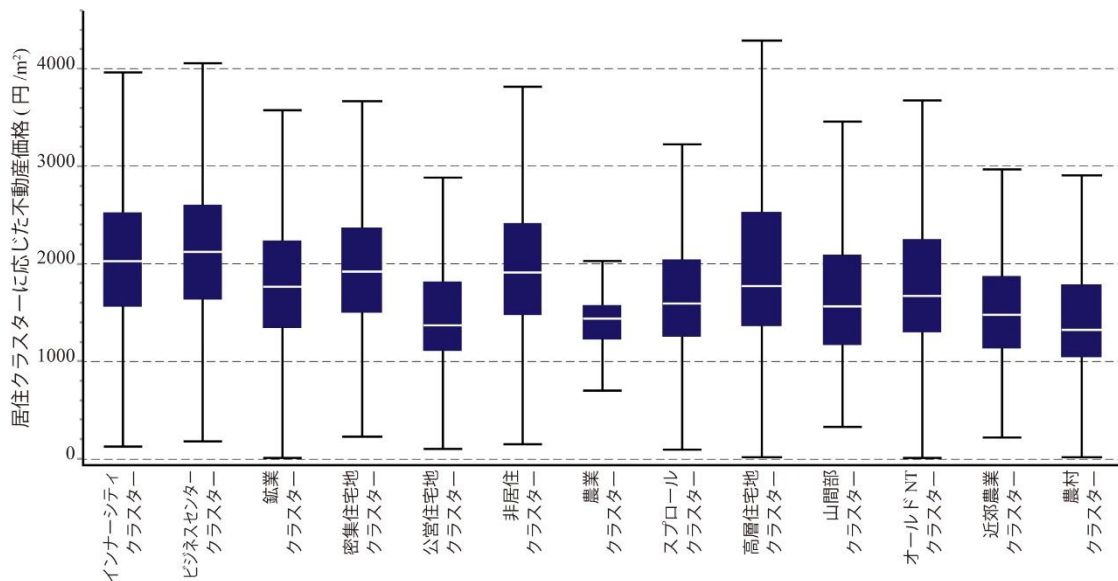


図 14 居住クラスターに応じた不動産取引価格（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

居住クラスターに応じた将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ を箱ひげ図で描画したのが、図 15 である。なお、図 15 は、外れ値を描画していない。中央値に着目すると、全ての居住クラスターで、人口が減少することが予測されたことが分かった。この内、将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ が急速に減少することが予測されるのは、公営住宅地クラスター ($FPCR_{2040} = -45.9$)、山間部クラスター ($FPCR_{2040} = -44.7$) であることが分かった。一方、将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ の中央値が約-30%で済む居住クラスターは、ビジネスセンタークラスター ($FPCR_{2040} = -29.7$) と、スプロールクラスター ($FPCR_{2040} = -33.2$) であることが分かった。

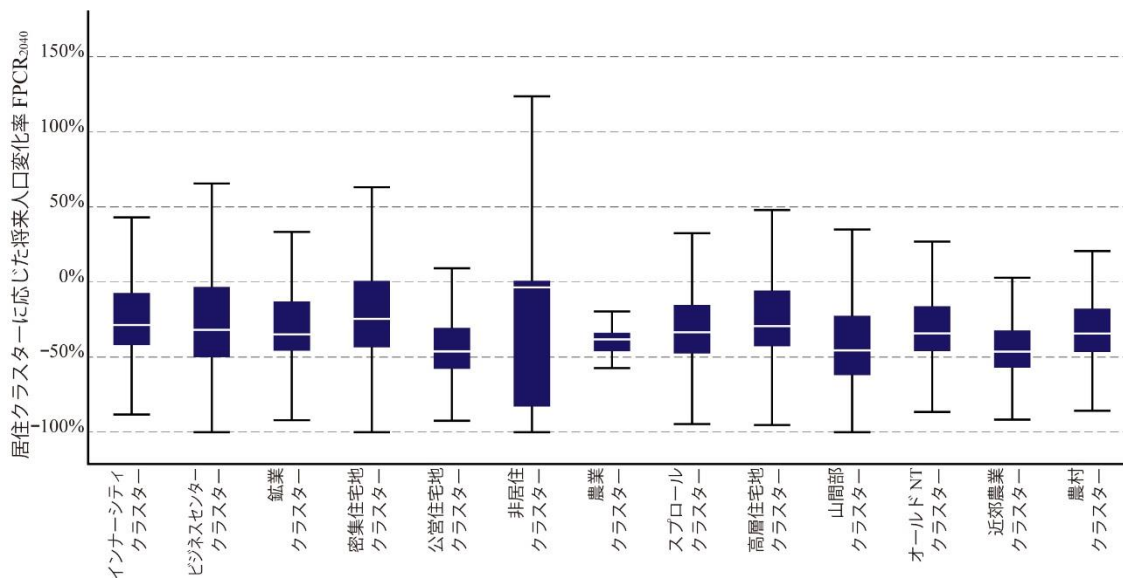


図 15 居住クラスターに応じた将来人口変化率（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

3.3 構造方程式モデリング

3.3 節は、ウォーカビリティ WI が不動産取引価格に影響を与えて、不動産取引価格が将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に影響を与えるという SEM を、居住クラスターに応じて分析した。検定量の GFI・AGFI・RMSEA に基づき有効な居住クラスターが、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターであることを解明した（表 1）。すなわち、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターでは、ウォーカビリティが不動産取引価格に影響を与えて、不動産取引価格が将来人口変化率に影響を与えていることを示唆している。

表 1 居住クラスターに応じた SEM の検定量（出典：Kato et al. 2021 の日本語訳）

	GFI	AGFI	RMSEA
インナーシティクラスター	0.931	0.844	0.128
ビジネスセンタークラスター	0.966	0.924	0.094
鉱業クラスター	0.841	0.641	0.188
密集住宅地クラスター	0.848	0.657	0.186
公営住宅地クラスター	0.909	0.796	0.145
非居住クラスター	0.905	0.787	0.155
農業クラスター	0.603	0.107	0.337
スプロールクラスター	0.961	0.912	0.092
高層住宅地クラスター	0.788	0.522	0.239
山間部クラスター	0.941	0.867	0.117
オールド NT クラスター	0.870	0.707	0.176
近郊農業クラスター	0.689	0.301	0.286
農村クラスター	0.764	0.470	0.233

ビジネスセンタークラスターの SEM を描画したのが、図 16 である。図 16 より、ウォーカビリティ WI が正の影響を与える不動産取引価格 $FPCR_{2040}$ は、分譲共同住宅（パス係数 = 1.88）と賃貸店舗（パス係数=0.44）であることが分かった。一方、ウォーカビリティ WI が負の影響を与える不動産取引価格の種類は、分譲土地（パス係数 = -1.30）と分譲戸建住宅（パス係数 = -0.33）であることが分かった。そして、将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に対して正の影響を与える不動産取引価格の種類は、分譲共同住宅（パス係数 = 0.25）と賃貸戸建住宅（パス係数 = 10.92）である。この結果は、分譲共同住宅が、ウォーカビリティ WI が将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に影響を与えることが分かった。これは、ビジネスセンタークラスターにおいて、ウォーカビリティ WI が向上することで、分譲共同住宅の価格が増加して、将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に増加することを意味している。

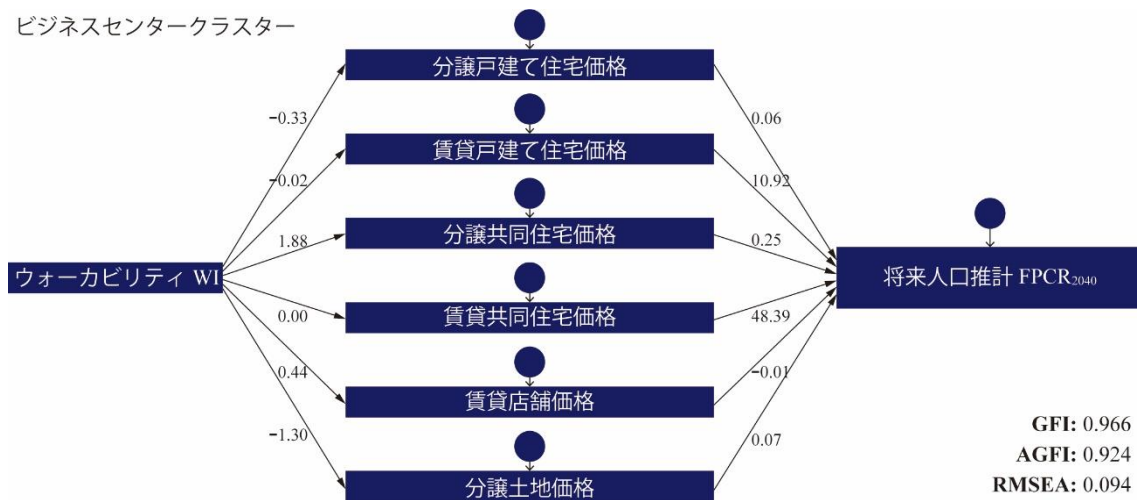


図 16 ビジネスセンタークラスターの SEM (出典 : Kato et al. 2021 の日本語訳)

スプロールクラスターの SEM を描画したのが、図 17 である。図 17 より、ウォーカビリティ WI が正の影響を与える不動産取引価格 FPCR₂₀₄₀ は、分譲共同住宅 (パス係数 = 1.25) であることが分かった。一方、ウォーカビリティ WI が負の影響を与える不動産取引価格の種類は無いことが分かった。そして、将来人口変化率 FPCR₂₀₄₀ に対して負の影響を与える不動産取引価格の種類が多いことが分かった。例えば、賃貸共同住宅 (パス係数 = -14.10) や賃貸戸建住宅 (パス係数 = -23.78) などである。これらの不動産取引価格の種類の内、将来人口変化率 FPCR₂₀₄₀ に対して正の影響を与える不動産取引価格の種類は、分譲共同住宅であることが分かった (パス係数 = 0.08)。この結果は、インナーシティクラスターと同様に、スプロールクラスターにおいて、ウォーカビリティ WI が向上することで、分譲共同住宅の価格が増加して、将来人口変化率 FPCR₂₀₄₀ に増加することを意味している。

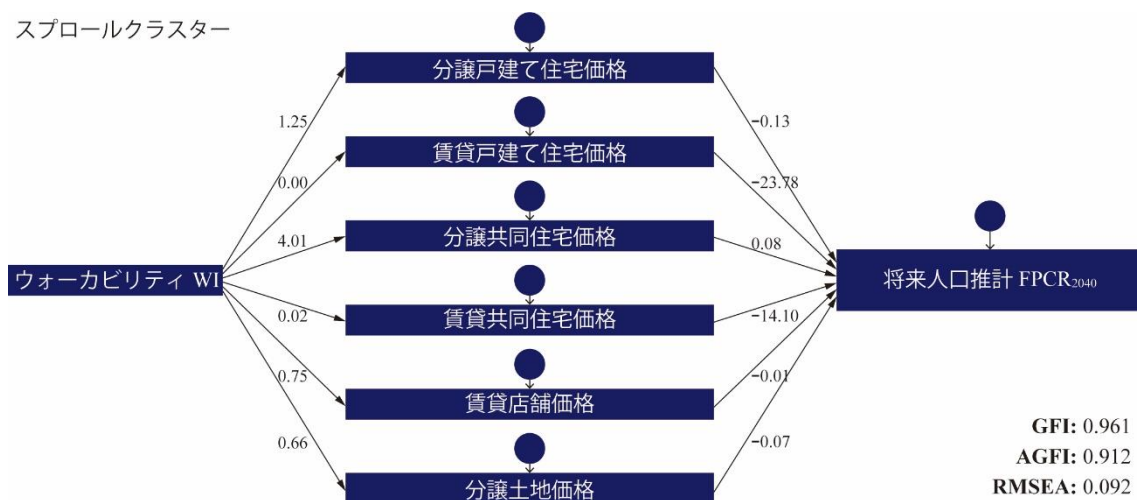


図 17 スプロールクラスターの SEM (出典 : Kato et al. 2021 の日本語訳)

第4章 結論

本研究の結論は、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターにおいて、ウォーカーカビリティ WI が将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に正の影響を与える不動産種類は、分譲共同住宅価格であったことを解明したことである。先行研究においても、ウォーカーカビリティと不動産価格、さらに不動産価格と将来人口に関して研究されてきた^[14-16]。しかし、それぞれの正と負の影響については、多くの結果があり、必ずしも一致した結論がある訳ではなかった^[17-19]。それらの既往研究に対して、本研究の新規性は、居住クラスターに応じた、ウォーカーカビリティ、不動産価格、将来人口のメカニズムを解明したことにある。その研究方法は、大阪都市圏を事例に、居住クラスターごとに、ウォーカーカビリティ WI、不動産価格、将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ を用いて、ウォーカーカビリティ WI が不動産価格に与える影響、不動産価格が将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に与える影響を、SEM により分析した。その SEM は、検定量 (GFI、AGFI、RMSEA) に基づき、信頼性の高い結果を得ていることを検証している。

その結果をまとめたのが、表 2 である。ビジネスセンターとスプロールクラスターでは、ウォーカーカビリティの向上が、将来人口の維持に貢献するメカニズムが示唆された。さらに、これら 2 つのクラスターにおけるウォーカーカビリティの向上には、分譲共同住宅が不可欠であることがわかった。具体的には、ビジネスセンタークラスターおよびスプロールクラスターの分譲マンションの不動産価格に、ウォーカーカビリティ WI が正の影響を与えることが示された。この結果は、Kim^[19]と Pivo ら^[31]の研究を検証するものである。さらに、この結果は、ブラジルの都市を対象とした先行研究^[32]の結果とも一致する。この理由は、分譲共同住宅が、店舗や病院など他の土地利用と一緒に開発されることがあり、式 1 の世帯密度 ND だけでなく、式 3 の土地利用混合度 LUM から、ウォーカーカビリティ WI の数値が上昇するためだと思われる。さらに、分譲共同住宅の不動産価格は、ビジネスセンタークラスターおよびスプロールクラスターで、 $FPCR_{2040}$ に正の影響を及ぼしていることがわかった。この結果は、Saita ら^[20]の研究を検証するものである。この理由は、分譲共同住宅の居住者は、そこに長く住む傾向があるためと思われる。この結果は、ビジネスセンタークラスターやスプロールクラスターにおいて、ウォーカーカビリティ向上を目指した取り組みとして、分譲共同住宅の有効な活用が、将来人口の維持に貢献することを示唆している。

その一方で、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターを除いた 11 のクラスターにおいて、SEM が有効ではないことが確認された。この結果は、Boyle ら^[17]と Maennig ら^[21]の研究が、11 のクラスターに該当する可能性を解明した。この結果は、ウォーカーカビリティ WI の向上以外の要因が、11 のクラスターにおける将来人口変化率 $FPCR_{2040}$ に影響を与える可能性を示唆している。この示唆は、11 クラスターにおいて、ウォーカーカビリティの改善以外のアプローチの必要性を意味している。

表 2. 居住クラスターに応じた関係性.

	WIが不動産取引価格に 正の影響を与える 居住クラスター	不動産取引価格が将来人口に 正の影響を与える 居住クラスター	WIが将来人口に 正の影響を与える 居住クラスター
ビジネスセンタークラスター	分譲共同住宅 (P.C. = 1.88) 賃貸店舗 (P.C. = 0.44).	分譲戸建住宅 (P.C. = 0.06) 賃貸戸建住宅 (P.C. = 10.92) 分譲共同住宅 (P.C. = 0.25) 賃貸共同住宅 (P.C. = 48.39) 分譲土地(P.C. = 0.07)	分譲共同住宅
スプロールクラスター	分譲戸建住宅 (P.C. = 1.25) 賃貸戸建住宅 (P.C. = 0.00) 分譲共同住宅 (P.C. = 4.01) 賃貸共同住宅 (P.C. = 0.02) 賃貸店舗 (P.C. = 0.75). 分譲土地 (P.C. = 0.66).	分譲共同住宅 (P.C. = 0.08)	分譲共同住宅

今後、各居住クラスターの類型に応じた、ウォーカブルな近隣環境をデザインする必要がある。本研究の結果は、効果的な住宅政策とウォーカブルな近隣環境のデザインを組み合わせることで、有望な結果を得ることが期待できるメカニズムを示唆するものとして、都市計画家にとって価値がある結果である。日本の住宅政策は、Kemeny^[33]が提案した二元的な賃貸モデルに位置づけられる。したがって、住宅は主に民間市場で取引されている。つまり、この研究成果は、日本では非常に有効であると考えられる。また、高齢化社会を迎えた日本では、急激な人口減少を防ぐために、戦略的にウォーカブルな近隣環境をデザインし直すことが必要である。また、パリ市では 15 minutes city 構想^[34]が議論されているが、本研究はウォーカブルデザインに関する都市プロジェクトの新しい可能性を提起するものとして、価値のある成果である。

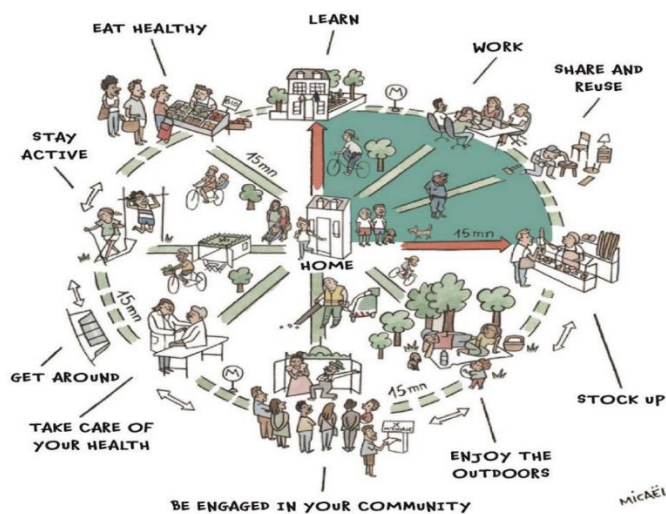


図 18 15 minutes city のイメージ図

(出典 : <https://www.weforum.org/agenda/2022/03/15-minute-city-stickness/>)

大阪都市圏のビジネスセンタークラスターでは、大阪中心部の御堂筋通が、ウォークアブルストリートとしてデザインされ始めている（図 19）^[35]。また、京都の中心市街地も、都市戦略としてウォークアブルエリアに指定されている^[36]。これらのウォークアブルデザインに加え、ビジネスセンタークラスターに、分譲共同住宅を戦略的に配置することで、将来の人口を維持することが期待されている。つまり、本研究の結果は、ビジネスセンタークラスターにおける分譲共同住宅に対する住宅政策の必要性を示唆している。その一方で、賃貸共同住宅など、分譲共同住宅以外の不動産が立地すると、京都市中心部のようにジェントリフィケーションが起こり、人口減少につながる危険性がある^[23]。したがって、ビジネスセンタークラスターでは、分譲共同住宅を含む都市開発を誘導する政策が有効である可能性が高い。



図 19 御堂筋 将来ビジョン

（出典： <https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/cmsfiles/contents/0000464/464479/gaiyou.pdf>）

大阪都市圏のスプロールクラスターでは、ウォークアブルな近隣環境のデザインに成功した事例は、まだ報告されていない。しかし、土地利用の多様化は有効であると考えられる。Kato (2021)^[1]は、医療施設や福祉施設の整備がスプロールクラスターの将来人口を維持するのに役立つと報告している。人口減少によって空いた土地に戦略的にこれらの施設を配置することで、人口を維持することができるかもしれない。スプロールクラスターでは、1960年代以降に開発された地域が多いため、住宅ストックの建て替えが行われている（図 20）。そこで、土地利用の多様化に加えて、立地適正化計画により、古い建物ストックを建て替える際に、スプロールクラスターの住宅誘導地域に、分譲共同住宅を積極的に立地させる住宅政策を展開することが、将来の人口維持に有効であると考えられる。



図 20 スプロール市街地における住宅ストックの建て替え例（研究代表者撮影）

今後、提案手法をビジネスセンタークラスターやスプロールクラスターにおいて、実現するための政策を立案していく必要がある。人口減少している日本で成功した手法は、世界の縮小する都市の都市政策のモデルとなることが期待される。

本研究の限界は主に 2 つある。第 1 の限界は、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターを除く 11 のクラスターにおいて、ウォークアビリティ WI 以外の要因を明らかにできなかったことである。そもそも、居住クラスターに応じて、有効となる地域評価指標が異なる可能性が高い。例えば、丘陵地に立地することが多いオールドニュータウンクラスターでは、自家用車での移動が多く、歩行による移動は少ない。そのため、オールドニュータウンクラスターでは、パーソナルモビリティの普及など、新たなテクノロジーによる地域評価指標の方が有効となる可能性がある。また、風水害へのレジリエンスにより評価することが有効となる居住クラスターも、強く想定される。このように、ビジネスセンタークラスターとスプロールクラスターを除く 11 のクラスターにおける、有効な地域評価指標を探求する必要がある。

第 2 の限界は、NA スケールでの分析である。例えば、ウォークアビリティの向上による個々の不動産価格の変化を明らかにすることはできていない。特定の不動産価格の変化を明らかにするためには、街路や建物のスケールでウォークアビリティを評価する必要がある。さらに、建物別の人口数も必要であり、その分析には、個人情報の取り扱いの問題が生じる。これらの分析については、今後さらに進展させる必要がある。

参考文献リスト

- [1] Kato, H. How Does the Location of Urban Facilities Affect the Forecasted Population Change in the Osaka Metropolitan Fringe Area? *Sustainability* 2021, 13, 110, doi:10.3390/su13010110
- [2] Kato, H.; Kanki, K. Development of walkability indicator for visualising smart shrinking—A case study of sprawl areas in North Osaka Metropolitan Region. *Int. Rev. Spat. Plan. Sustain. Dev.* 2020, 8, 39–58, doi:10.14246/irspsd.8.1_39
- [3] 加登遼、神吉紀世子. 居住エリアのウォークアビリティに立脚した地域評価に関する指標の開発と検証-北大阪都市計画区域の茨木市におけるスマートシュリンキングに向けて-, 都市計画論文集, 2017, Vol.52, No.3, pp.1006-1013
- [4] 加登遼、神吉紀世子. シナリオ・プランニングに基づくスプロールエリアの将来シナリオに対するウォークアビリティ評価-北大阪都市計画区域における茨木市を事例としたスマートデクラインに向けて-, 日本建築学会計画系論文集, 2020, Vol.85, No.767, pp.101-111
- [5] Kato, H. Effect of Walkability on Urban Sustainability in the Osaka Metropolitan Fringe Area. *Sustainability* 2020, 12, 9248. <https://doi.org/10.3390/su1221924>
- [6] Kato, H. Development of a Spatio-temporal Analysis Method to Support the Prevention of COVID-19 Infection: Space-Time Kernel Density Estimation Using GPS Location History Data. In *Urban Informatics for Future Cities*; Geertman, S., Pettit, C., Goodspeed, R., Staffans, A., Eds.; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2021; pp. 51–67. ISBN 978-3-030-76058-8. doi: 10.1007/978-3-030-76059-5_4
- [7] Kato, H.; Matsushita, D. Changes in Walkable Streets during the COVID-19 Pandemic in a Suburban City in the Osaka Metropolitan Area. *Sustainability* 2021, 13, 7442. <https://doi.org/10.3390/su13137442>
- [8] Kato, H.; Takizawa, A.; Matsushita, D. Impact of COVID-19 Pandemic on Home Range in a Suburban City in the Osaka Metropolitan Area. *Sustainability* 2021, 13, 8974. <https://doi.org/10.3390/su13168974>
- [9] 国土交通省. 「居心地が良く歩きたくなるまちなか」からはじまる都市の再生, Available online: <https://www.mlit.go.jp/common/001301647.pdf> (accessed on 7 December. 2021))
- [10] 国土交通省. 「まちなかウォークブル推進プログラム (令和2年度予算決定時点版)」, Available online: <https://www.mlit.go.jp/common/001321053.pdf> (accessed on 7 December. 2021))
- [11] 国土交通省. ウォークブル推進都市一覧 (令和3年11月30日時点), Available online: <https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001444185.pdf> (accessed on 7 December. 2021))
- [12] OECD Stat. Metropolitan areas (database), available online: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CITIES> (accessed on 16 September. 2021)

- [13] Speck, J. *WALKABLE CITY: How Downtown Can Save America, One Step at a Time*, North Point Press, 2013
- [14] Renne, J.L.; Tolford, T.; Hamidi, S.; Ewing, R. The Cost and Affordability Paradox of Transit-Oriented Development: A Comparison of Housing and Transportation Costs Across Transit-Oriented Development, Hybrid and Transit-Adjacent Development Station Typologies. *Housing Policy Debate* 2016, 26, 819-834, doi:10.1080/10511482.2016.1193038.
- [15] Xia, Z.L.; Li, H.; Chen, Y.H. Assessing Neighborhood Walkability Based on Usage Characteristics of Amenities under Chinese Metropolises Context. *Sustainability* 2018, 10, 18, doi:10.3390/su10113879.
- [16] Zhang, J.; Tan, P.Y.; Zeng, H.; Zhang, Y. Walkability Assessment in a Rapidly Urbanizing City and Its Relationship with Residential Estate Value. *Sustainability* 2019, 11, 2205, doi:10.3390/su11082205
- [17] Boyle, A.; Barrilleaux, C.; Scheller, D. Does Walkability Influence Housing Prices? *Social Science Quarterly* 2014, 95, 852-867, doi:10.1111/ssqu.12065.
- [18] Li, W.; Joh, K.; Lee, C.; Kim, J.H.; Park, H.; Woo, A. Assessing Benefits of Neighborhood Walkability to Single-Family Property Values: A Spatial Hedonic Study in Austin, Texas. *Journal of Planning Education and Research* 2015, 35, 471-488, doi:10.1177/0739456x15591055.
- [19] Kim, E.J.; Kim, H. Neighborhood Walkability and Housing Prices: A Correlation Study. *Sustainability* 2020, 12, 18, doi:10.3390/su12020593.
- [20] Saita, Y.; Shimizu, C.; Watanabe, T. Aging and real estate prices: evidence from Japanese and US regional data. *International Journal of Housing Markets and Analysis* 2016, 9, 66-87, doi:10.1108/ijhma-11-2014-0053.
- [21] Maennig, W.; Dust, L. Shrinking and growing metropolitan areas asymmetric real estate price reactions? The case of German single-family houses. *Regional Science and Urban Economics* 2008, 38, 63-69, doi: 10.1016/j.regsciurbeco.2007.08.009.
- [22] Smith, N.; LeFaivre, M. A class analysis of gentrification. In *Gentrification, Displacement, and Neighborhood Revitalization*; Palen, J.; London, B.; State University of New York Press: Albany; 1984, pp.43-63
- [23] Kato, H. Residents' evaluations of the tourism gentrification caused by guesthouses in the central area of Kyoto City: A case study of Shutoku District in Kyoto City IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020, 960, 032063, doi:10.1088/1757-899X/960/3/032063
- [24] G-spatial information Center. Future population and household forecast tool V. 2 (2015 National Census edition" download webpage). available online: <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cohort-v2> (accessed on 14 Mar. 2020) Japanese MILT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism).
- [25] ポール・ノックス (1993) 「都市社会地理学(上)-IV-2-2 因子生態研究(小長谷一之訳)」,

pp.218-239, 地人書房

- [26] E-Stat. Japanese Census Data in 2015. Available online: <https://www.e-stat.go.jp/> (accessed on June 14 2020). (In Japanese)
- [27] Frank, L.D.; Sallis, J.F.; Saelens, B.E.; Leary, L.; Cain, K.; Conway, T.L.; Hess, P.M. The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study. *Br. J. Sports Med.* 2009, 44, 924–933, doi:10.1136/bjism.2009.058701.
- [28] Conservation GIS-Consortium Japan. GIS Data. Available online: http://cgisj.jp/download_type_list.php (accessed on 14 April 2020). (In Japanese)
- [29] Geospatial Information Authority of Japan. The Numerical Map 5000 in Japan. Available online: <https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/lum-5k.html> (accessed on 1 April 2020). (In Japanese)
- [30] At Home Co.,Ltd. (2020): At Home dataset. Informatics Research Data Repository, National Institute of informatics. (dataset). <https://doi.org/10.32130/idr.13.1>
- [31] Pivo, G.; Fisher, J.D. The Walkability Premium in Commercial Real Estate Investments. *Real Estate Econ.* 2011, 39, 185–219, doi:10.1111/j.1540-6229.2010.00296.x.
- [32] Lucchesi, S.T.; Larranaga, A.M.; Cybis, H.B.B.; Silva, J.; Arellana, J.A. Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects in two Global South cities. *Res. Transp. Econ.* 2021, 86, 14, doi:10.1016/j.retrec.2020.100976.
- [33] Kemeny, J. From Public Housing to the Social Market. In *Rental Policy Strategies in Comparative Perspective*; Routledge: London, UK, 1995; ISBN 0-415-08365-6.
- [34] Balletto, G.; Ladu, M.; Milesi, A.; Borruso, G. A Methodological Approach on Disused Public Properties in the 15-Minute City Perspective. *Sustainability* 2021, 13, 593, doi:10.3390/su13020593.
- [35] Osaka City. Midosuji Future Vision (Summary Version). Available online: <https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/cmsfiles/contents/0000464/464479/gaiyou.pdf> (accessed on 31 July 2021). (In Japanese)
- [36] Kyoto City. Kyoto City Urban Planning Master Plan (Draft). Available online: https://www.city.kyoto.lg.jp/templates/pubcomment/cmsfiles/contents/0000285/285150/toshimasu_soan.pdf (accessed on 31 July 2021). (In Japanese)

掲載論文

- [1] Kato, H.; Takizawa, A. Which Residential Clusters of Walkability Affect Future Population from the Perspective of Real Estate Prices in the Osaka Metropolitan Area? Sustainability 2021, 13, 13413. <https://doi.org/10.3390/su132313413>

The screenshot shows the MDPI Sustainability journal article page. The top navigation bar includes 'Journals', 'Topics', 'Information', 'Author Services', 'Initiatives', and 'About', along with 'Sign In / Sign Up' and 'Submit' buttons. A search bar is located below the navigation, with fields for 'Title / Keyword', 'Author / Affiliation', 'Sustainability', and 'All Article Types', and a 'Search' button. The article title is 'Which Residential Clusters of Walkability Affect Future Population from the Perspective of Real Estate Prices in the Osaka Metropolitan Area?' by Haruka Kato and Atsushi Takizawa. The article is labeled as 'Open Access Article'. The abstract discusses the impact of walkability on future population in Japan, focusing on residential clusters and real estate prices. The article is part of the 'Collection Towards More Walkable and Liveable Cities: Perceptions, Attitudes, Methods, Technologies and Policies'.

Article Menu

- Article Overview
- Abstract
- Open Access and Permissions
- Share and Cite
- Article Metrics
- Order Article Reprints

Article Versions

Related Info Links

More by Authors Links

Abstract Views	755
Full-Text Views	394
Citations	7
Altmetrics	1

Abstract

In Japan, where the population is declining and aging significantly, walkability has attracted attention as a way to improve residents' lifestyles. Therefore, it is essential to identify the residential clusters where walkability improvement would contribute to the maintenance of the population in order to select urban areas for the implementation of walkable designs. This study aimed to identify the residential clusters in which walkability affects the future population from the perspective of real estate prices. The reason for focusing on real estate prices is that they are expected to be a confounding factor connecting walkability and the future population. The method we used was to analyze the structural equation modeling of the impact of walkability index, real estate prices, and future population change ratio. This analysis was based on the neighborhood association scale. This study clarified that effective residential clusters are the business center cluster and the sprawl cluster. In the business center cluster and the sprawl cluster, the price of apartments for sale is the real estate value, through which the walkability index positively impacts the future population change ratio. This means that it is expected to contribute to the maintenance of the future population through a combination of walkable designs and housing policies that encourage people to change their residence types to apartments for sale when rebuilding old building stock using the location optimization plan policy. [View Full-Text](#)

Keywords: walkability; population decline; real estate prices; Osaka metropolitan area; business center cluster; sprawl cluster

(出典 : <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/23/13413>)

Appendix : 掲載論文

Article

Which Residential Clusters of Walkability Affect Future Population from the Perspective of Real Estate Prices in the Osaka Metropolitan Area?

Haruka Kato *  and Atsushi Takizawa 

Department of Housing and Environmental Design, Graduate School of Human Life Science, Osaka City University, Osaka 5588585, Japan; takizawa@osaka-cu.ac.jp

* Correspondence: haruka-kato@osaka-cu.ac.jp; Tel.: +81-6-6605-2823

Abstract: In Japan, where the population is declining and aging significantly, walkability has attracted attention as a way to improve residents' lifestyles. Therefore, it is essential to identify the residential clusters where walkability improvement would contribute to the maintenance of the population in order to select urban areas for the implementation of walkable designs. This study aimed to identify the residential clusters in which walkability affects the future population from the perspective of real estate prices. The reason for focusing on real estate prices is that they are expected to be a confounding factor connecting walkability and the future population. The method we used was to analyze the structural equation modeling of the impact of walkability index, real estate prices, and future population change ratio. This analysis was based on the neighborhood association scale. This study clarified that effective residential clusters are the business center cluster and the sprawl cluster. In the business center cluster and the sprawl cluster, the price of apartments for sale is the real estate value, through which the walkability index positively impacts the future population change ratio. This means that it is expected to contribute to the maintenance of the future population through a combination of walkable designs and housing policies that encourage people to change their residence types to apartments for sale when rebuilding old building stock using the location optimization plan policy.

Keywords: walkability; population decline; real estate prices; Osaka metropolitan area; business center cluster; sprawl cluster



Citation: Kato, H.; Takizawa, A. Which Residential Clusters of Walkability Affect Future Population from the Perspective of Real Estate Prices in the Osaka Metropolitan Area? *Sustainability* **2021**, *13*, 13413. <https://doi.org/10.3390/su132313413>

Academic Editors: Elisa Conticelli, Paulo Ribeiro, George N. Papageorgiou and Fernando Fonseca

Received: 4 October 2021

Accepted: 1 December 2021

Published: 3 December 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

1.1. Background

In Japan, the mission for urban planning is to support the country's declining population. A characteristic of Japan's declining population is the aging of the population [1]. Therefore, it is necessary for urban planning to enable older adults to continue to live healthily while the population declines. In this context, walkability has attracted attention in terms of sustaining the lifestyle of citizens, including older adults. Walkability is defined as a property of a residential environment that promotes walking or cycling with safety, comfort, and easy access to the attractions of daily life [2]. Improving walkability is expected to contribute to the health of residents [3,4] and their ecological footprint [5]. This means that designing walkable neighborhoods might help prevent rapid population decline. In Japan, the Location Optimization Plan has developed urban planning in preparation for a declining population since 2015 [6]. Since 2019, walkability has begun to attract attention because urban policies related to walkability are being developed. Kato [7] and Kato et al. [8,9] clarified that the COVID-19 (Coronavirus Disease 2019) pandemic accelerated the need for walkable neighborhoods in the Osaka metropolitan area. Therefore, it is essential to understand the impact of walkability on future populations, as this will enable us to take a practical approach to future urban planning.

However, improving walkability will not be effective in all residential clusters. That is because the type of residential cluster influences the process of population decline. For example, Kato [10] clarified that the location of medical and welfare facilities influences the population level in the sprawl cluster, whereas the location of station buildings influences the population in the old New-Town cluster (old NT cluster). The old NT cluster was defined to be planned and large-scale suburban residential areas featuring detached houses for high-income workers, where located in hillside areas [10]. Therefore, it is essential to identify the residential clusters where walkability improvement would contribute to the maintenance of population in order to select urban areas for the implementation of walkable designs. In addition, if we can identify residential clusters where increased walkability does not contribute to maintaining the population, we can consider methods other than walkable designs. Therefore, this research hypothesis is that the relationship between walkability and future population could be clarified by analyzing real estate prices as a factor connecting.

1.2. Purpose

This study aimed to clarify the residential clusters in which walkability affects the future population from the perspective of real estate prices in the Osaka metropolitan area. The results would be worth it for urban planners to develop policies to prevent a rapid population decline. The reason for focusing on real estate prices is that they are expected to be a confounding factor connecting walkability and future population levels. Specifically, the precise impact of walkability on the future population has not been found. However, some research papers have reported on the relationship between walkability and real estate prices and the relationship between real estate prices and population. Therefore, this study attempts to analyze the impact of walkability, real estate prices, and future population through structural equation modeling (SEM). The SEM allows us to clarify the impact of walkability on the future population. By analyzing the SEM for each residential cluster, effective residential clusters can be clarified.

In this study, we analyzed the Osaka metropolitan area. We used this area because the population of the Osaka metropolitan area has been declining on a metropolitan scale [11]. The analysis scale was the neighborhood association (NA) scale. In Japan, NA is almost the same as the zip code. The NA scale is the smallest scale of community governance identified by the Local Autonomy Act in Japan [12]. Therefore, NA has played an essential role in reaching a consensus on community welfare. Thus, we decided that the NA scale fits the purpose of this analysis.

1.3. Literature Review

The novelty of this study is its analysis of the impact of walkability on the future population in relation to the type of residential cluster involved. The relationship between walkability and real estate prices has been studied previously. Renne et al. [13] determined that areas with a high walkability have higher real estate prices in 4399 locations in the United States. Similarly, Xia et al. [14] also clarified that housing price and walkability are statistically significantly positively correlated in Nanjing by developing a walkability measure model. However, Zhang et al. [15] found that walkability and real estate price are negatively correlated in the Futian District in the central area of Shenzhen. These results suggest that the statistical relationship between walkability and real estate price changes according to the type of residential cluster involved.

Furthermore, this relationship is influenced not only by the residential cluster but also by the real estate type. Regarding detached houses such as single-family homes, Boyle et al. [16] found that the impact of walkability on housing prices was not statistically significant in Miami. However, Li et al. [17] determined that walkability was positively correlated with housing prices in areas with high walkability in Austin. On the other hand, it was also found that walkability and housing price are not correlated in areas where people tend to use automobiles. These results verify that the residential cluster

involved influences the statistical relationship. Regarding apartments, Kim [18] found that walkability and house price were positively correlated in areas with low housing prices in Seoul. In contrast, it was also found that there was no statistical relationship in areas with high housing prices. Based on this research, the novelty of this study is its attempt to clarify the statistical relationship according to the type of residence cluster and property type involved.

The relationship between real estate prices and population has been studied in prior research. Saita et al. [19] clarified that real estate prices are positively correlated with the total level of population in Japan and the United States. It was also found that real estate prices are negatively correlated with the old age dependency ratio. Moreover, in German metropolitan areas, Maennig et al. [20] determined that growth in terms of the population had no significant effect on the price of detached houses, whereas declining population significantly lowered prices. This result suggests that declining real estate prices might become a serious problem in Japan with its aging and shrinking cities. On the other hand, the population decline caused by rising real estate prices has also become a social problem known as gentrification [21]. For example, in Kyoto, an excessive increase in the number of simple accommodations has caused residents and stores to be displaced due to the rising land prices in a process of tourism gentrification [22]. Based on this research, the novelty of this study is to clarify the statistical relationship between walkability, real estate price, and the future population according to the type of residence cluster involved.

1.4. Article Structure

This manuscript consists of five chapters based on an IMRAD format: materials and methods in Section 2; results in Section 3; discussion in Section 4; and conclusions in Section 5.

2. Materials and Methods

The analytical flow is summarized in Figure 1. The analysis method used was SEM based on the NA scale. The walkability index was used to calculate how pedestrian-friendly the urban environment is. Real estate prices were calculated using the At Home dataset. The future population change ratio was calculated using the cohort component method. Urban ecology analysis was used to classify residential clusters. Using the walkability index, real estate price, and future population change ratio, according to the residential cluster involved, an SEM in which walkability affects the real estate price and the real estate price affects the future population was analyzed.

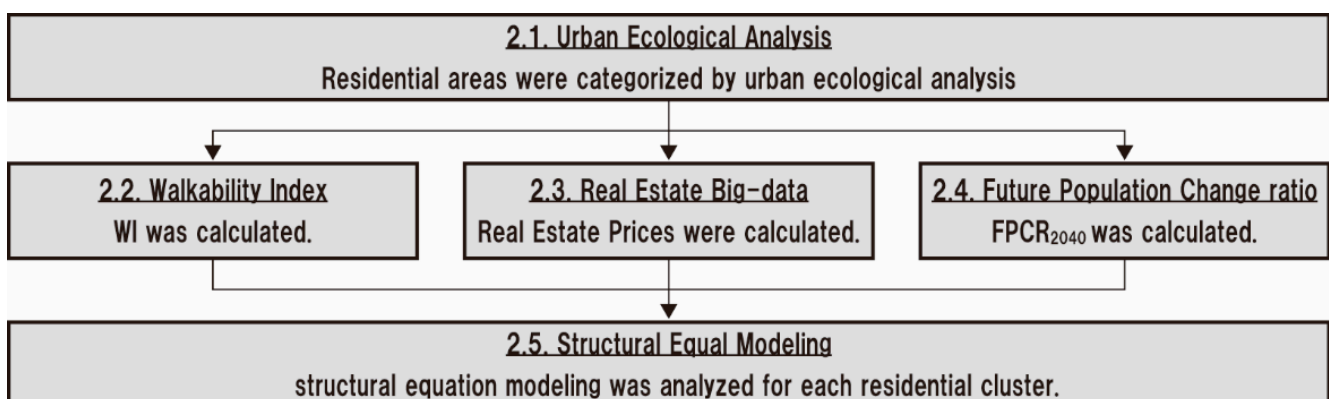


Figure 1. Analysis process used for each section.

2.1. Urban Ecological Analysis

Using urban ecological analysis, this study clarified the types of residential clusters present in the Osaka metropolitan area. This analysis was based on the NA scale. Urban ecological analysis analyzes geospatial patterns using an inductive method that makes use

of statistical data [23]. Kato et al. [2] evaluated the effectiveness of urban ecological analysis in the Osaka metropolitan area. Moreover, Kato [5] analyzed the types of clusters present using urban ecological analysis in the Osaka metropolitan area, which is the same region and data as that studied in this paper. The validity of the analysis was also assessed [8,10]. The analysis consisted of five steps as detailed in Appendix A. The locations of those residential clusters are classified into three categories. The central areas are the inner city and business center clusters. Suburban areas include dense, public housing, non-residential, sprawl, high-rise residential, old NT, and suburban agriculture clusters. Rural areas include mining industry, agriculture, mountain, and rural clusters. For each of the clusters, this study analyzed the SEM.

2.2. Walkability Index

Using the walkability index, each NA was evaluated. Brownson et al. [24] classified three types of walkability indicators that use GIS-based measures, perceived environment measures, and observational measures. Walkability indicators that use GIS-based measures include the Walkability 3Ds [25], the Walk Score[®] [26], and the walkability index [27,28]. The Walk Score[®] was developed as an indicator for evaluating the walkability of neighborhood environments [22]. Koohsari et al. [29] validated the effectiveness of Walk Score[®] in Japan.

The walkability index is an evaluation index that was developed by Frank et al. [27,28] as an index for evaluating the neighborhood environment in the United States. Many studies have verified the effectiveness of the walkability index using the number of pedestrians [30]. The walkability index includes three components. These are the net residential density (ND) in Equation (1), the density of street connectivity (SC) in Equation (2), and the land use mix (LUM) in Equation (3). WI, which is the score of the walkability index: the sum of the standardized values of ND, SC, and LUM in Equation (4). We followed the method of Kato [10], which analyzed the Osaka metropolitan area using the same data.

$$ND_k = \frac{H_k}{A_k}, \quad (1)$$

$$SC_k = \frac{I_k}{L_k}, \quad (2)$$

$$LUM_k = \sum_{i=1}^3 \frac{p_{k,i} \times \ln p_{k,i}}{\ln n}, \quad (3)$$

$$WI_k = z_ND_k + z_SC_k + z_LUM_k, \quad (4)$$

where H_k is the total number of net residents in the NA_k according to Japanese census data from 2015 [31]; A_k is the total housing area in the NA_k according to Japanese census data from 2015 [31]; I_k is the amount of street connectivity in the NA_k according to road centerline data [32]; L_k is the total length of the street in the NA_k according to road centerline data [32] (m); $p_{k,i}$ is the area ratio of land use i in the NA_k according to the data of the numerical map 5000 in Japan [33]; i is the classification of land use i (residential land, commercial land, public facility land); and $z_$ is the standardized value.

2.3. Real Estate Big Data

The housing prices of each NA were evaluated using the At Home dataset as real estate big data [34]. In particular, real estate and housing information were registered to the At Home Real Estate Information Network operated by At Home Co., Ltd., for five years from 2015 to 2019. The At Home Co., Ltd., is a company that provides real estate information services for real estate companies and consumers. More than 50,000 real estate companies use the dataset service throughout Japan, which is the largest number in Japan. At Home is a service that connects buyers and sellers of real estate in Japan. At Home Dataset is data on the prices offered by sellers. Based on the prices offered by sellers in this dataset, actual trades are conducted between individuals. There is little public disclosure of

actual transaction prices between individuals in Japan. Therefore, the price of this dataset is an important indicator to estimate the transaction price.

This study categorized the real estate dataset into six types: apartments for sale, apartments for rent, detached houses for sale, detached houses for rent, shops for rent, and vacant lots for sale. These six types were selected as the main types of real estate traded in Japan. Shops are traded in the same way as houses and apartments. The dataset contained information on real estate price (rental fee/price), area, floor plan, structure, year of construction, location (zip code (postal code)), latitude/longitude, facilities, etc. Among these, detached houses do not include latitude/longitude data for reasons of personal privacy. Therefore, this study used the data of real estate price (rental fee/price), area, and zip code. Regarding the real estate price, rental fees were analyzed for apartments for rent, detached houses for rent, and stores for rent, and prices were analyzed for apartments for sale and detached houses for sale. This study did not include standard service fees in the real estate price (rental fee/price) because the fee varies depending on the lifestyle of each resident and owner. This study then calculated the real estate price per unit area (Yen/m²) for each zip code in the six categories of real estate. This study analyzed the data from the Osaka, Kyoto, and Hyogo prefectures.

2.4. Future Population Change Ratio

The future population change ratio between 2020 and 2040 (FPCR₂₀₄₀) for each NA was calculated using the cohort component method with Japanese census data from 2015 [31]. We followed the method of Kato [10], which analyzed the Osaka metropolitan area using the same data. For the analysis of the cohort component method, this study used the “Future Population/Household Forecasting Program” (version 1.3) [35]. The program was developed by the National Institute for Land and Infrastructure Management in Japan. The cohort component method estimates the future population of each cohort by assuming the future values for two population change factors; these factors are the “ratio of women and children” and the “net movement ratio”. This section analyzes the cohort component method. It is preferable to use the cohort component method in NA in areas where the past population experienced remarkable changes or where the past population change rate is unsuitable for estimating the future population.

Using the cohort component method, the FPCR₂₀₄₀ of each NA was calculated with Equation (5). Then, a boxplot diagram of the FPCR₂₀₄₀ of each residential cluster was analyzed. Using this boxplot diagram, the residential clusters with rapidly declining populations were clarified:

$$\text{FPCR}_{2040} = \frac{P_{2040} - P_{2020}}{P_{2020}}, \quad (5)$$

where P_{2040} is the population of 2040 based on the data of “Future Population/Household Forecasting Program [35]” and P_{2020} is the population of 2020 based on the data of “Future Population/Household Forecasting Program [35]”.

2.5. Structural Equation Modeling

In this study, we analyzed the SEM, for each residential cluster, of the impact of walkability on real estate price and the impact of real estate price on FPCR₂₀₄₀. Specifically, for each zip code, we conducted a path analysis of the WI calculated in Section 2.2, the real estate price per unit area (Yen/m²) of real estate types calculated in Section 2.3, and the FPCR₂₀₄₀ calculated in Section 2.4. The real estate types are apartments for sale, apartments for rent, detached houses for sale, detached houses for rent, shops for rent, and vacant lots for sale. The SEM is shown in Figure 2. Based on the results of GFI (Goodness of Fit Index), AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index), and RMSTA (Root-Mean-Square Error of Approximation), effective models of residential clusters were clarified.



Figure 2. SEM of this study.

3. Results

3.1. Map of Each Score

Section 3.1 examines the distribution on the map. First, the results of the urban ecological analysis are shown in Figure 3. As a result, Figure 3 shows thirteen types of residential clusters. The thirteen clusters were named based on the type of residential area. The clusters were assessed by Kato [5,10]. The locations of these residential clusters are classified into three categories by the criteria of the urbanized area ratio (%) and the average distance from the center (km). Central areas include the inner city (84.5%, 19.3 km) and business center (86.2%, 34.5 km) clusters. Suburban areas include the dense (77.1%, 31.2 km), public housing (72.4%, 26.7 km), non-residential (55.2%, 43.9 km), sprawl (66.2%, 38.2 km), high-rise residential (61.8%, 25.9 km), old NT (59.1%, 26.7 km), and suburban agriculture (21.3%, 63.1 km) clusters. Rural areas include the mining industry (45.1%, 59.9 km), agriculture (23.6%, 71.6 km), mountain (40.7%, 56.1 km), and rural (24.9%, 52.1 km) clusters. The infrastructure typology of each residential cluster was also analyzed based on the average land use area (m²). Rice field and farmland areas are large in the mining industry (18,644 m²), agriculture (423,887 m²), mountain (24,012 m²), suburban agriculture (180,632 m²), and rural (81,475 m²) clusters. The housing areas are large in the inner city (47,374 m²), dense (46,892 m²), public housing (61,492 m²), sprawl (34,236 m²), high-rise residential (72,499 m²), and old NT (48,441 m²) clusters.

Based on Appendix A, a population who works in agriculture and forestry is high in agriculture (0.13%), suburban agriculture (0.03%), and rural cluster (0.03%). Besides, the population who work in the mining industry is high in the mining industry cluster (0.09%). There are almost no residents in the non-residential cluster. The other clusters are populated by white-collar workers, such as those who work in the service industry and in education.

Next, the results for the walkability index of each NA are plotted in Figure 4. Figure 4 categorizes the data with seven levels of WI at 0.15 intervals. As a result, it was found that the WI is higher in urban areas. Moreover, in urban areas, it was also found that the WI was high along the train network. That is because urban areas have high walkability due to the concentration of urban facilities and population and to the presence of diverse land uses. That means that urban areas are easy to live within walking distance. Many people tend to walk and use public transportation. On the other hand, it was found that the WI was lower in bay areas and in mountainous areas. That is because bay areas and mountainous areas have low walkability due to the diffuse location of urban facilities and small population. That means that bay areas and mountainous areas are difficult to live in within walking distance. Many people tend to drive their cars. This result suggests that the location of the residential clusters might influence the WI score.

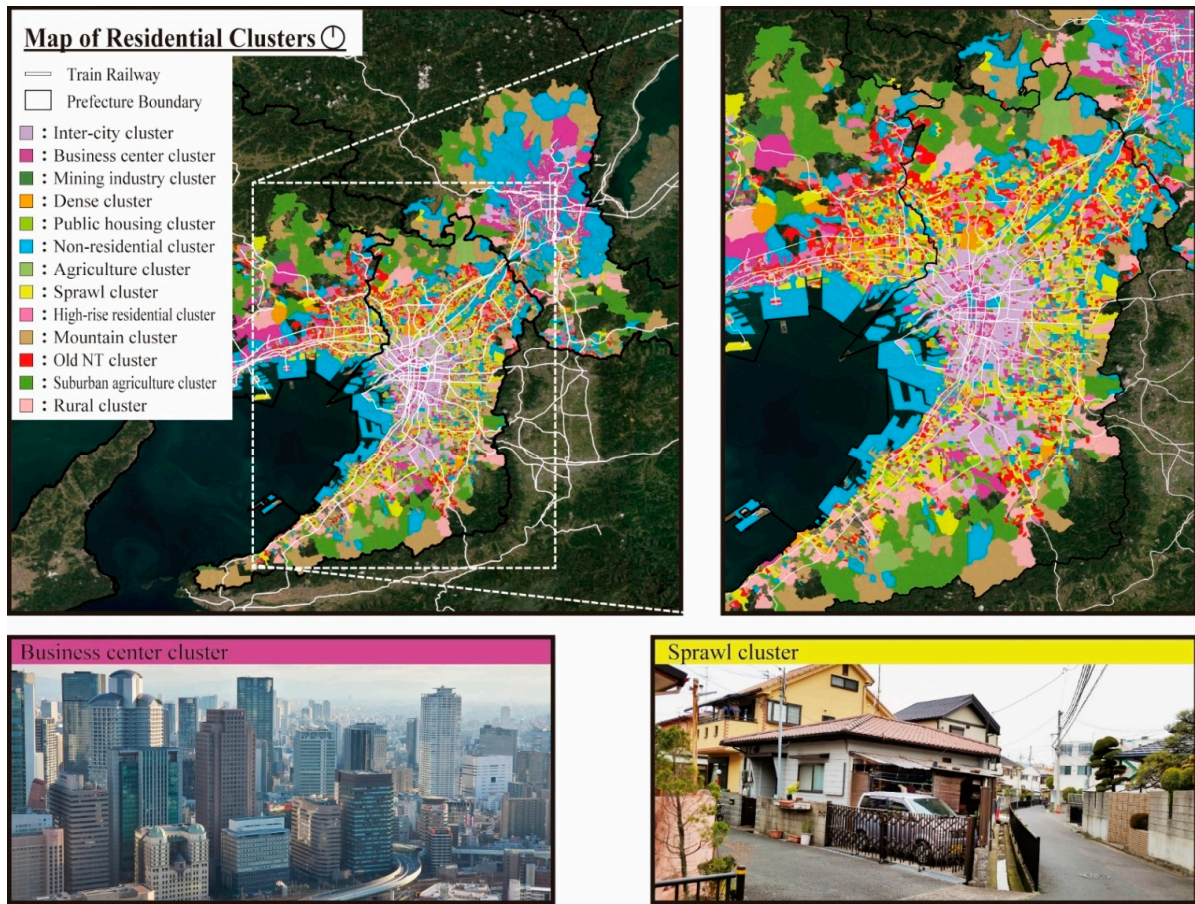


Figure 3. Map of residential clusters from the urban ecological analysis (Data Source: Kato [5,8,10]).

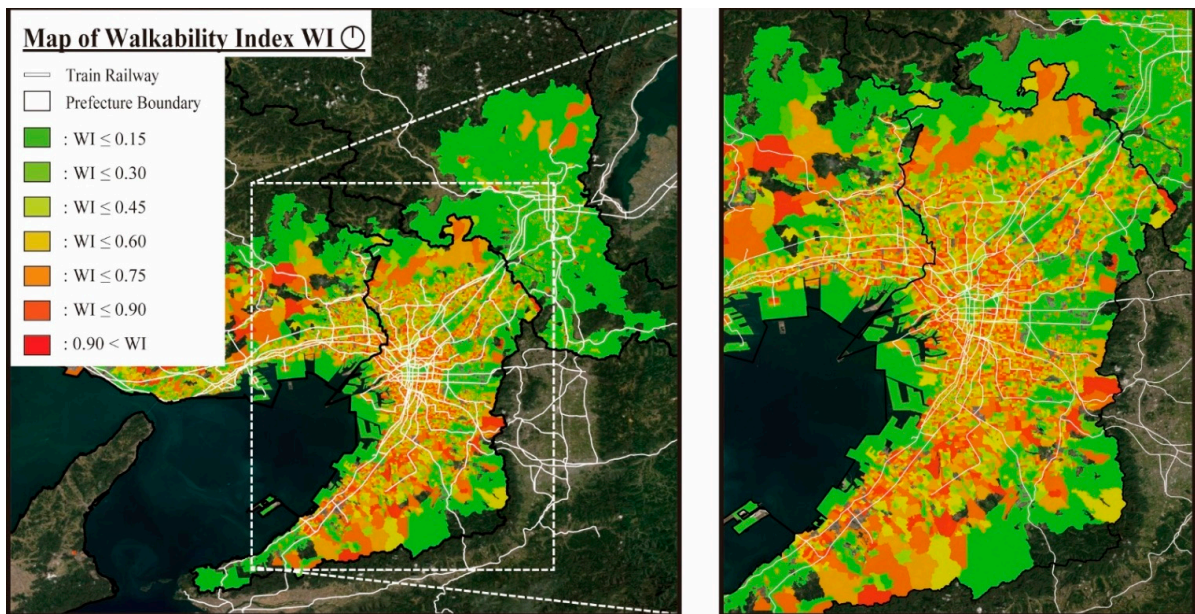


Figure 4. Map of WI (Data Source: Kato [5]).

The real estate data are plotted in Figure 5. First, the locations of various real estate types are shown in Figure 4. These types are apartments for sale, apartments for rent, detached houses for sale, detached houses for rent, shops for rent, and vacant lots for sale. As a result, Figure 4 shows that there are more apartments than detached houses and stores in this area.

Among these types of real estate, Figure 4 also shows that apartments for rent are located widely across the Osaka metropolitan area. On the other hand, apartments for sale are mainly located in urban areas and areas with convenient transportation along railroad lines.

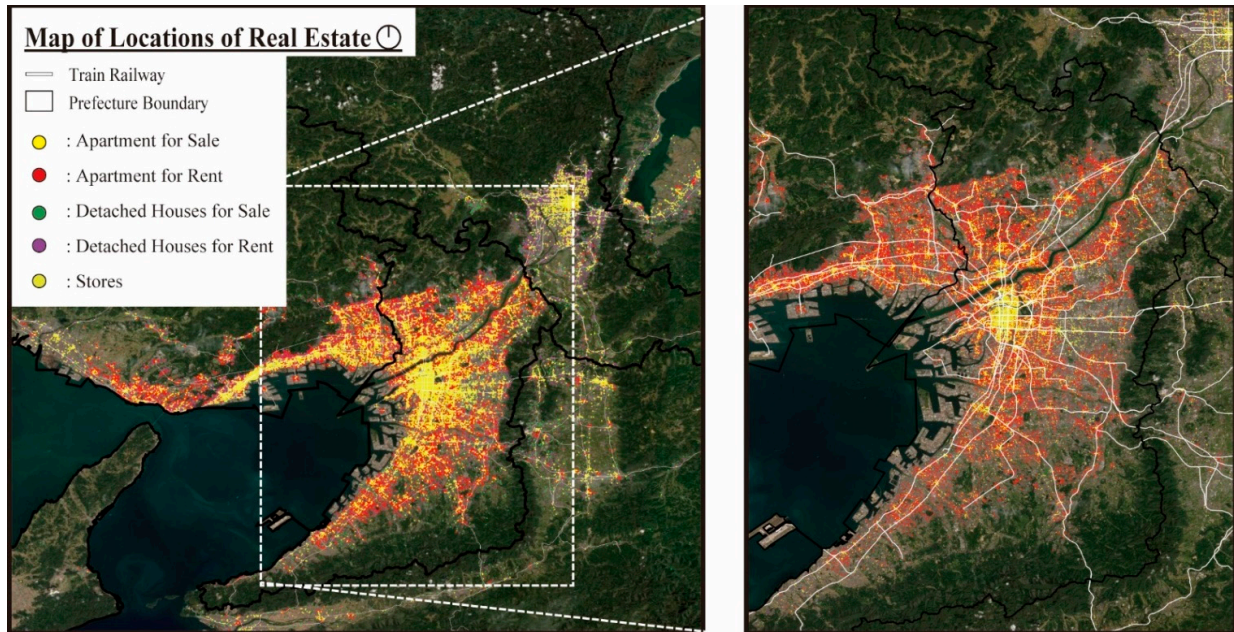


Figure 5. Map of the location of real estate (Data Source: Self-elaboration by the authors, 2021).

Next, Figure 6 shows the average price of an apartment according to the rent for each NA. The reason for analyzing apartments for rent was that they made up the majority of the six types of real estate. As a result, Figure 6 shows that apartments for rent were generally not located in mountainous areas. Moreover, it was found that the prices were higher in the central area of Osaka, Kyoto, and Kobe city. In addition, it was found that prices were higher in areas close to train railways. This result also suggests a relationship between real estate price and the location of residential clusters, such as WI in Figure 4.

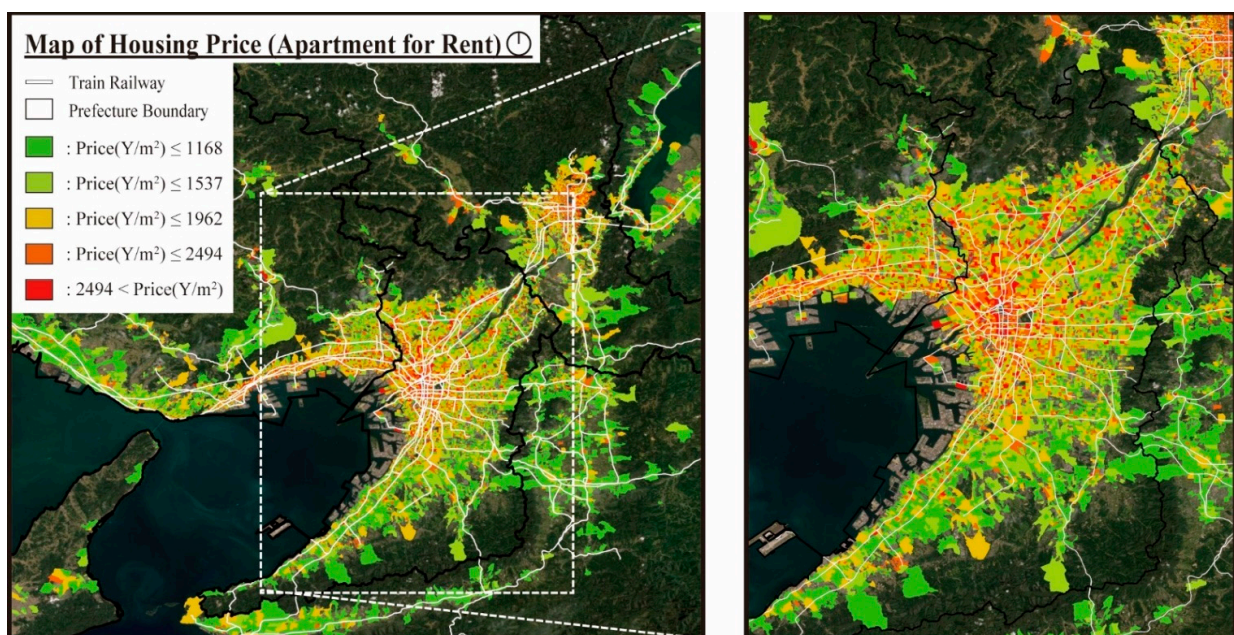


Figure 6. Map of housing prices (apartments for rent) (Data Source: Self-elaboration by the authors, 2021).

Finally, the $FPCR_{2040}$ of each NA is plotted in Figure 7. Figure 7 categorizes the data using the Jenks natural breaks classification. Figure 7 shows that the population decreases in many areas. However, it was found that the population will increase in dispersed areas. The dispersed location bears no relation to the central area.

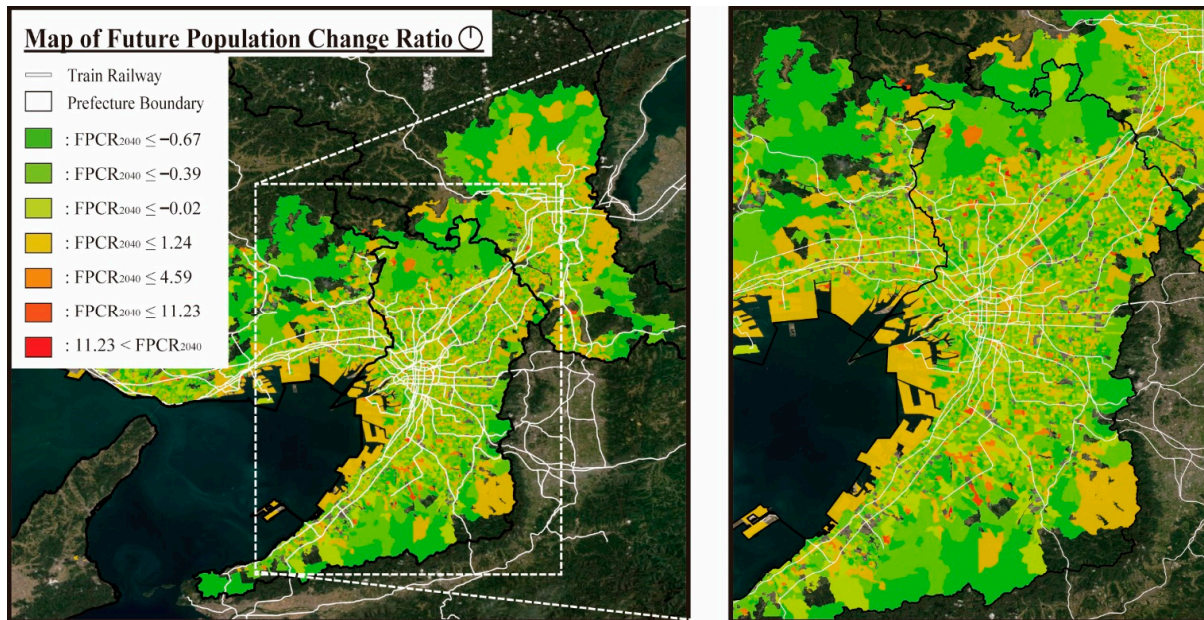


Figure 7. Map of future population change ratio $FPCR_{2040}$ (Data Source: Kato [10]).

3.2. Score of Residential Clusters

Section 3.1 examines the scores for each residential cluster. The scores are WI, real estate price, and $FPCR_{2040}$ and are analyzed in Section 3.1. First, the WI of each residential cluster was analyzed using a boxplot diagram in Figure 8. Figure 8 does not include plot outliers in the boxplot. Focusing on the median value, Figure 8 shows that that WI was higher in the inner city cluster (WI = 0.60), the dense cluster (WI = 0.61), the public housing cluster (WI = 0.54), the sprawl cluster (WI = 0.49), and the high-rise residential cluster (WI = 0.46).

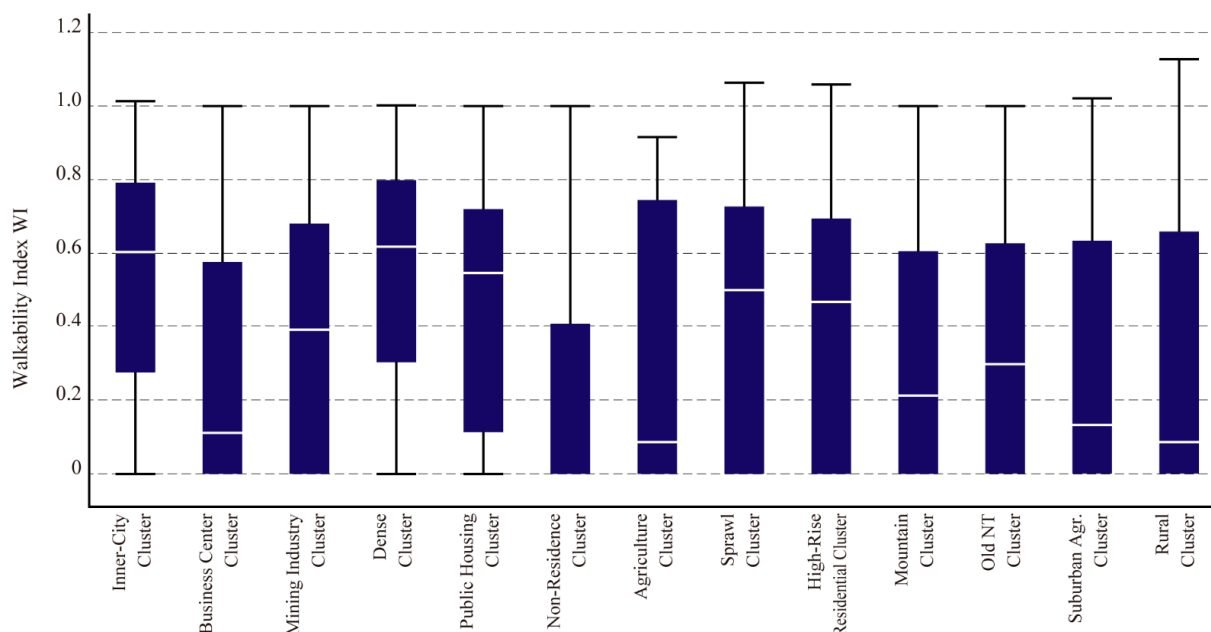


Figure 8. Box plot diagram of the WI of each residential cluster.

Next, the amount of real estate available for each residential cluster is analyzed in Figure 9. Figure 9 shows that the inner city cluster has the highest amount of real estate available ($N = 2,221,702$). The second-largest amount is the business center cluster ($N = 1,368,720$). These clusters are both located in the city center. The following most significant clusters are residential clusters located in metropolitan suburban areas, such as sprawl clusters ($N = 1,008,296$), dense urban clusters ($N = 661,647$), old NT clusters ($N = 546,417$), and public housing clusters ($N = 371,159$).

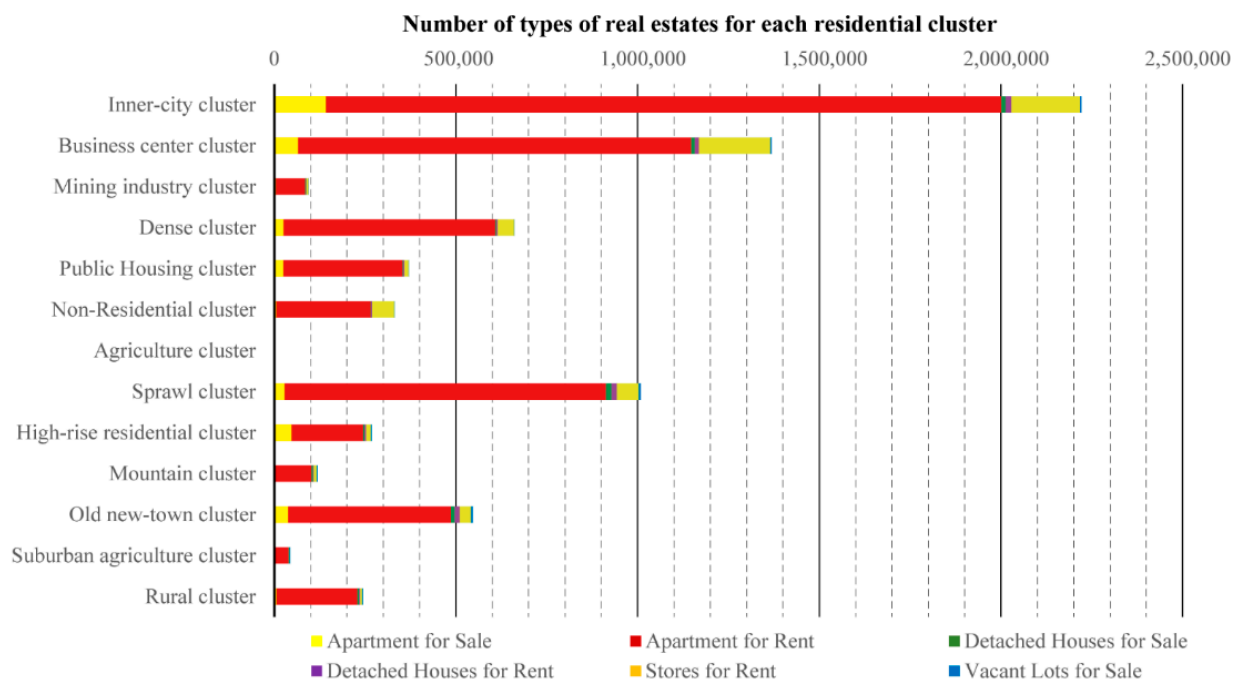


Figure 9. Amount of real estate available in each residential cluster.

Each type of real estate is analyzed in Figure 9. Figure 9 shows that the most common type was apartments for rent ($N = 6,083,241$). The cluster with the largest number of these was the inner city cluster ($N = 1,859,217$). The next largest type was shops for rent ($N = 628,086$). The cluster with the largest number of these was the business center cluster ($N = 195,922$).

Next, the real estate prices are plotted for each residential cluster using a boxplot diagram in Figure 10. Figure 10 does not include plot outliers in the boxplot. The real estate includes apartments for sale, apartments for rent, detached houses for sale, detached houses for rent, shops for rent, and vacant lots for sale. The results were analyzed focusing on the median value. Figure 10 shows that the median value did not vary greatly, ranging from 1500 Yen/m² to 2000 Yen/m². However, it was found that the real estate prices were higher in the inner city cluster (price = 2022 Yen/m²), business center cluster (price = 2124 Yen/m²), dense cluster (price = 1923 Yen/m²) and high-rise cluster (price = 1771 Yen/m²). On the other hand, it was found that the real estate prices were higher in the public housing cluster (price = 1368 Yen/m²), agriculture cluster (price = 1438 Yen/m²), suburban agriculture cluster (price = 1479 Yen/m²), and rural cluster (price = 1323 Yen/m²).

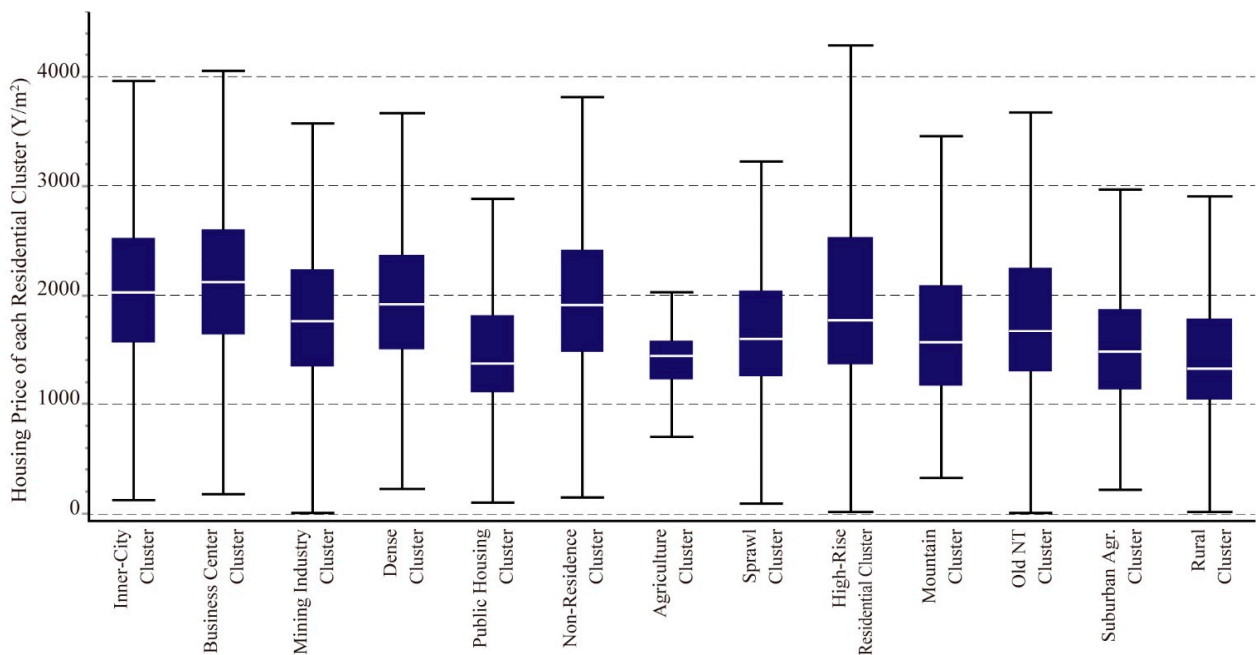


Figure 10. Box plot diagram showing the real estate price of each residential cluster.

Finally, the $FPCR_{2040}$ for each residential cluster was analyzed in the boxplot diagram in Figure 11. Figure 11 does not include plot outliers. Focusing on the median value, Figure 11 shows that the future population was expected to decline in all residential clusters. Among the residential clusters, the future population was expected to decline rapidly in the public housing cluster ($FPCR_{2040} = -45.9$) and the mountain cluster ($FPCR_{2040} = -44.7$). However, it was found that the population would decrease by approximately 30% in the business center cluster ($FPCR_{2040} = -29.7$) and the sprawl cluster ($FPCR_{2040} = -33.2$).

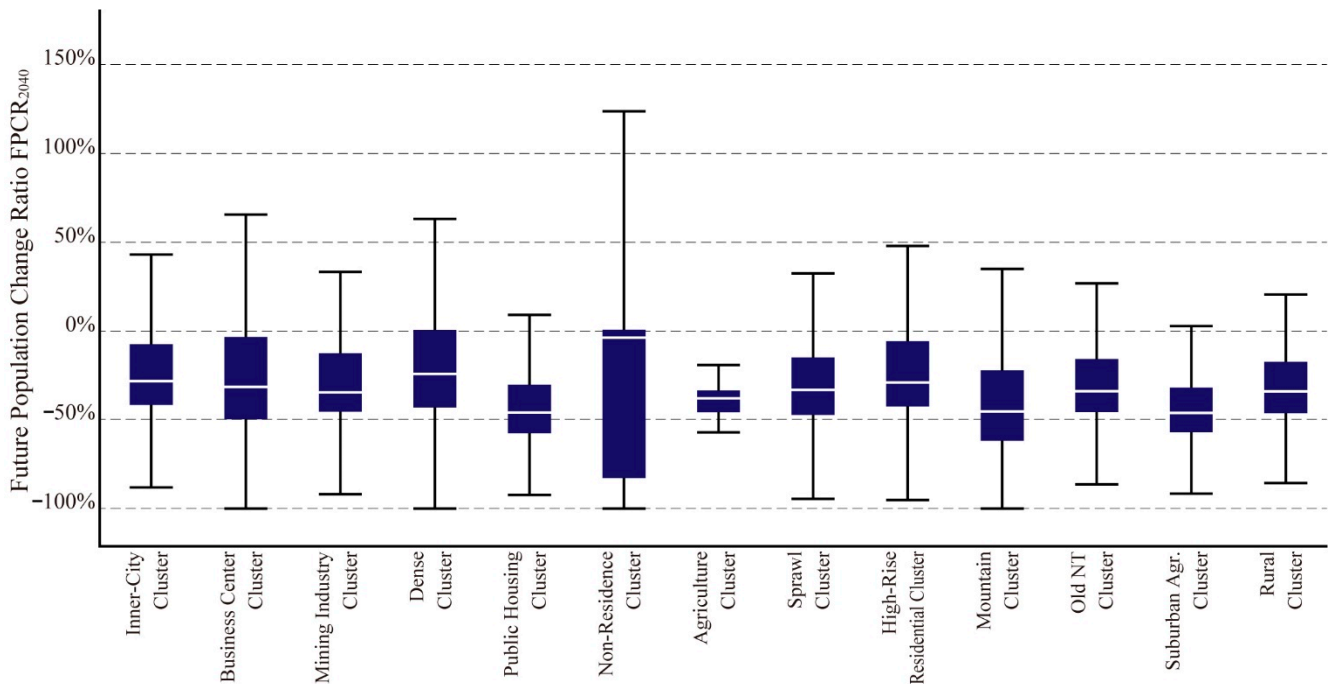


Figure 11. Box plot diagram showing the $FPCR_{2040}$ of each residential cluster.

3.3. Structural Equation Modeling of Residential Clusters

In this section, we analyze the SEM in which walkability affects real estate prices and real estate prices affect $FPCR_{2040}$ according to the residential cluster involved. Effective models of residential clusters are clarified in Table 1 based on GFI, AGFI, and RMSEA. Table 1 shows that the effective residential clusters are the business center cluster and the sprawl cluster. The result suggests that, in the business center cluster and the sprawl cluster, walkability affects real estate prices and those real estate prices affect the $FPCR_{2040}$.

Table 1. Test statistics for the SEM for each cluster.

	GFI	AGFI	RMSEA
Inner City Cluster	0.931	0.844	0.128
Business Center Cluster	0.966	0.924	0.094
Mining Industry Cluster	0.841	0.641	0.188
Dense Cluster	0.848	0.657	0.186
Public Housing Cluster	0.909	0.796	0.145
Non-Residential Cluster	0.905	0.787	0.155
Agriculture Cluster	0.603	0.107	0.337
Sprawl Cluster	0.961	0.912	0.092
High-Rise Residential Cluster	0.788	0.522	0.239
Mountain Cluster	0.941	0.867	0.117
Old NT Cluster	0.870	0.707	0.176
Suburban Agriculture Cluster	0.689	0.301	0.286
Rural Cluster	0.764	0.470	0.233

In the business center cluster, Figure 12 shows that WI has a positive impact on the price of apartments for sale (Path coefficient: P.C. = 1.88) and the price of stores for rent (P.C. = 0.44). On the other hand, WI has negative impacts on the price of vacant lots for sale (P.C. = -1.30) and the price of detached houses for sale (P.C. = -0.33). Moreover, it was found that the price of real estate had positive impacts on the price of apartments for rent (P.C. = 48.39) and the price of detached houses for rent (P.C. = 10.92). This result suggests that the price of apartments for sale is a real estate factor in which WI positively impacts $FPCR_{2040}$. In the business center cluster, this means that, by increasing WI, the price of apartments for sale is expected to increase and the $FPCR_{2040}$ is also expected to increase.

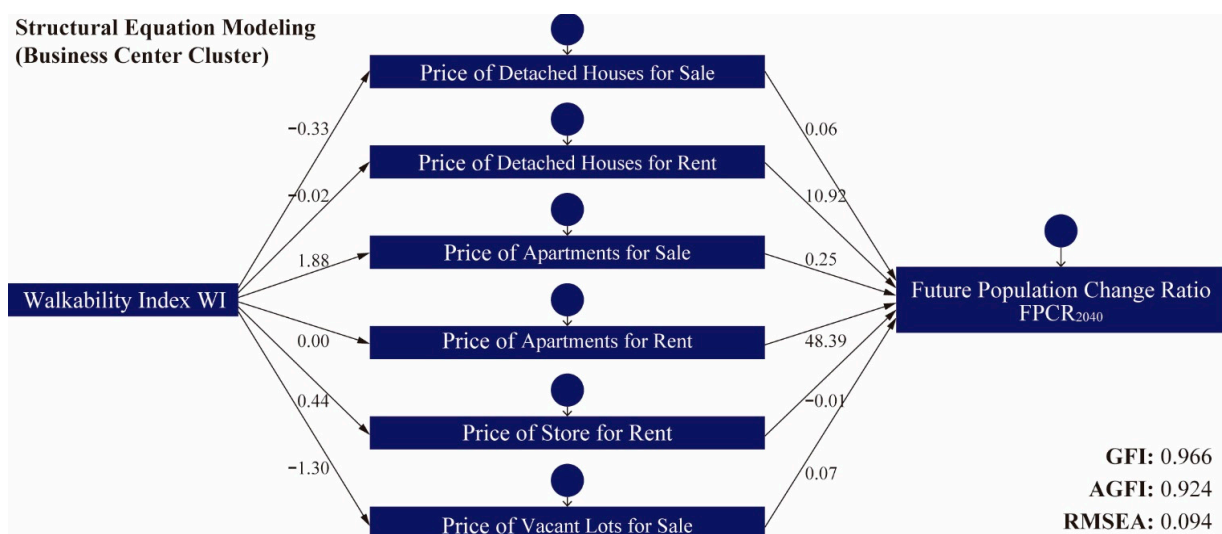


Figure 12. Structural equation modeling of the business center cluster.

In the sprawl cluster, Figure 13 shows that WI has positive impacts on the price of apartments for sale (P.C. = 4.01) and the price of detached houses for sale (P.C. = 1.25).

On the other hand, there is no real estate that has negative impacts on the real estate price. Moreover, many types of real estate prices have a negative impact on the $FPCR_{2040}$. These types are the price of apartments for rent (P.C. = -14.10) and the price of detached houses for rent (P.C. = -23.78). However, only the price of apartments for sale had a positive impact on $FPCR_{2040}$. This result suggests that the price of apartments for sale is a real estate factor in which WI has a positive impact on $FPCR_{2040}$. In the sprawl cluster, this suggestion means that the price of apartments for sale and $FPCR_{2040}$ are expected to increase by increasing the WI.

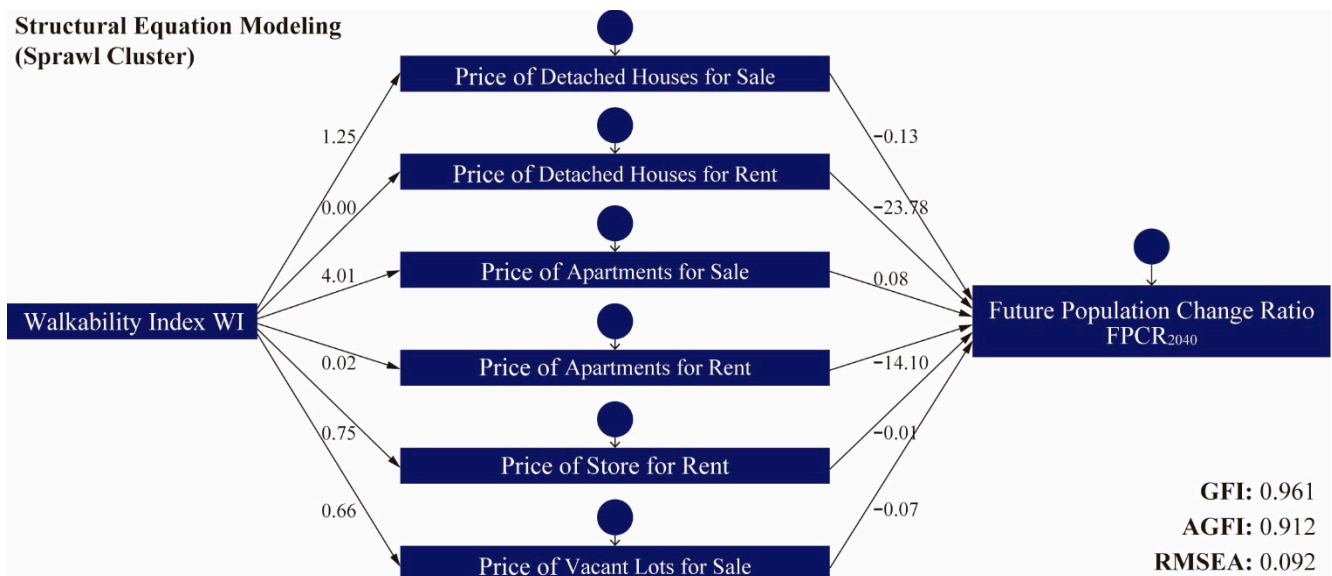


Figure 13. Structural equation modeling of the sprawl cluster.

4. Discussion

We conclude that, in the business center cluster and the sprawl cluster, the price of apartments for sale is a real estate factor in which WI positively impacts $FPCR_{2040}$. There are previous studies on walkability and real estate prices and on real estate prices and future population [13–15]. However, there were many theories about the positive and negative influences, and the findings were not always consistent [16–18]. Compared to previous studies, this study clarified the relationship between walkability, real estate prices, and future population according to residential clusters. The method we used was the SEM, for each residential cluster of an NA, of the impact of walkability on the real estate price and the impact of real estate price on $FPCR_{2040}$, using the walkability index, real estate price, and future population change ratio. This study provided reliable results based on the GFI, AGFI, and RMSEA scores by the SEM. This study was analyzed in the Osaka metropolitan area based on the NA scale.

The results are summarized in Table 2. The SEM was not found to be a valid model for the eleven clusters apart from the business center cluster and the sprawl cluster. The result clarified the effectiveness of the studies of Boyle et al. [16] and Maennig et al. [20] in the eleven clusters. The result suggests that factors other than improving walkability might affect the future population in the eleven clusters. This suggestion meets the need for approaches other than improving walkability in the eleven clusters.

On the other hand, in the business center and sprawl clusters, the results suggest that improving walkability might contribute to sustaining the future population. For improving walkability in the clusters, it was found that apartments for sale are essential. Specifically, WI positively impacts the real estate price of apartments for sale in the business center cluster (P.C. = 1.88) and the sprawl cluster (P.C. = 4.01). This result validates the studies of Kim [18] and Pivo et al. [36]. The results are consistent with a previous study of Brazilian

cities in the global south [37]. The reason might be that apartments for sale are sometimes developed together with shops and hospitals, which increases the scores of a walkability index (Equation (4)) in ND (Equation (1)) and LUM (Equation (3)). Moreover, the real estate price of apartments for sale has positive impacts on FPCR₂₀₄₀ in the business center cluster (P.C. = 0.25) and the sprawl cluster (P.C. = 0.08). This result validates the study of Saita et al. [19]. The reason might be that residents of apartments for sale tend to live there for a long time. This result suggests that, in the business center clusters and the sprawl clusters, the effective use of apartments for sale can contribute to the maintenance of the future population in approaches aiming to improve walkability.

Table 2. Statistical relationships in each residential cluster.

	WI Has Positive Impacts on the Real Estate Price.	Real Estate Price Has Positive Impacts on FPCR ₂₀₄₀ .	WI Positively Impacts on FPCR ₂₀₄₀ .
Business Center Cluster	Apartments for sale (P.C. = 1.88) Stores for rent (P.C. = 0.44).	Detached houses for rent (P.C. = 0.06) Detached houses for rent (P.C. = 10.92) Apartments for sale (P.C. = 0.25) Apartments for rent (P.C. = 48.39) Vacant lots for sale (P.C. = 0.07).	Apartments for sale
Sprawl Cluster	Detached houses for rent (P.C. = 1.25) Detached houses for rent (P.C. = 0.00) Apartments for sale (P.C. = 4.01) Apartments for rent (P.C. = 0.02) Stores for rent (P.C. = 0.75). Vacant lots for sale (P.C. = 0.66).	Apartments for sale (P.C. = 0.08)	Apartments for sale

5. Conclusions

In the future, walkable neighborhoods need to be designed according to the characteristics of each residential cluster. The result of this study is worth it for urban planners to suggest that a combination of effective housing policies and the design of walkable neighborhoods is expected to achieve promising results. Japanese housing policy is positioned in the dualist rental model suggested by Kemeny [38]. Therefore, the houses are mainly traded on the private market. That means that this research result would be highly effective in Japan. With its aging society, Japan also needs to redesign walkable neighborhoods strategically in order to prevent rapid population decline. In addition, while the concept of a 15-min city has been discussed [39], this study is valuable for raising new possibilities for urban projects related to walkable design.

In the business center cluster in the Osaka metropolitan area, Midosuji Street in central Osaka has been designed as a walkable street [40]. The city center of Kyoto has also been designated a walkable area as an urban strategy [41]. In addition to these walkable designs, it is expected that the future population will be sustained by strategically locating apartments for sale in the business center cluster. This means that there is a need for a housing policy for apartments for sale in the business center cluster. If real estate types other than apartments for sale are located there, there will be a risk of gentrification, which will cause population decline, as in the central area of Kyoto City [22]. Therefore, policies to guide urban development, including apartments for sale, would be effective in the business center cluster.

For the sprawl cluster in the Osaka metropolitan area, no successful designs to improve walkability have been reported yet. However, diversifying land use could be effective. Kato [10] reported that the creation of medical facilities and welfare facilities could help maintain the future population in the sprawl cluster. By strategically locating such facilities on land made vacant by population decline, it may be possible to maintain the population. In the sprawl cluster, housing stock has been rebuilt because many areas were developed after the 1960s. Therefore, in addition to land use diversification, when rebuilding old building stock using the location optimization plan policy, it would be effective to maintain

the future population by developing a housing policy that proactively locates apartments for sale in residential-inducing areas in the sprawl cluster.

A future task of this research group is to develop policies to realize the proposed method in the business center cluster and sprawl cluster. Methods that succeed in Japan, where population decline is projected, are expected to become a model for urban policies in shrinking cities worldwide.

There are two main limitations of this study. The first limitation is that we could not clarify factors other than walkability in eleven clusters apart from the business center cluster and the sprawl cluster. This factor needs to be investigated further in the future. The second limitation is the analysis of the NA scale. For example, we cannot identify changes in individual real estate prices by increasing walkability. In order to clarify the changes in particular real estate prices, it is necessary to evaluate walkability at the street or building scale. This analysis needs to be investigated further in the future.

Author Contributions: Conceptualization, H.K.; methodology, H.K.; software, H.K.; validation, H.K. and A.T.; formal analysis, H.K.; investigation, H.K.; resources, H.K.; data curation, H.K.; writing—original draft preparation, H.K.; writing—review and editing, H.K. and A.T.; visualization, H.K.; supervision, H.K.; project administration, H.K.; funding acquisition, H.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the JSPS KAKENHI (21K14318) and the Association of Real Estate Agents of Japan.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author, H.K.

Acknowledgments: In this paper, we used the “At Home Dataset” provided by At Home Co., Ltd., via IDR Dataset Service of National Institute of Informatics. This study was undertaken using data provided by the Conservation GIS Consortium Japan.

Conflicts of Interest: The author declares no conflict of interest.

Appendix A

This section draws upon the author’s previous study [5,8,10]. The types of clusters present using urban ecological analysis were analyzed in the Osaka metropolitan area, the same region and data as that studied in this paper [5,8,10]. Urban ecological analysis aims to identify geospatial patterns through an inductive method using a wide range of statistical data on the NA scale. This analysis consisted of five steps. First, the 2015 Japanese census was analyzed using the standardization of the 53 identified indicators. The 53 indicators were census data such as “population under 15 years old”, “households who live in detached houses”, and “population who work in their own city”. Next, the standardized composition ratio R_x^k was calculated by standardizing each indicator’s data using Equation (A1):

$$R_x^k = \frac{X_{xi}^k - X_{xmin}}{X_{xmax} - X_{xmin}}, \quad (A1)$$

where X_{xi}^k is the number of NA_i for indicator x in the NA_k , X_{xmin} is the minimum value of NA_i for indicator x , and X_{xmax} is the maximum value of NA_i for indicator x .

Third, using R_x^k , the principal component was analyzed. The social survey data were deemed reliable because the Cronbach’s α coefficient of the principal component analysis was 0.985. Fourth, using the Kaiser criterion, seven principal components were extracted. The obtained data were reliable because the total variable amount of these seven principal components was 78.8%. Finally, using their seven principal component scores, residential clusters were categorized using hierarchical cluster analysis.

In addition to the urban ecological analysis, this study analyzed the urbanized area ratio and the average distance from the center. The urbanized area ratio was analyzed using the National Land Information Download Service provided by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism of Japan [42]. The urbanized area ratio was the ratio of the NA that were designated as urbanized areas by their local governments. The average distance from the center of the metropolitan area—Umeda in Osaka city, Karasuma in Kyoto city, and Sannomiya Station in Kobe City—was then calculated. Then, by analyzing the R_{ki} , urbanized area ratio, and average distance from the center of each indicator for each residential cluster, each cluster's name was determined, as shown in Table A1. Finally, the cluster classification was verified by analyzing the average land use area (m^2) using the data of the Numerical Map 5000 for Japan [33] in Table A1.

Table A1. The R_{ki} of each indicator for each residential cluster (Table A1 features the same data as Table A.1 and Table A.2 from Kato [8]).

Heading		Inner City Cluster	Business Center Cluster	Mining Industry Cluster	Dense Cluster	Public Housing Cluster	Non-Residential Cluster	Agriculture Cluster	Sprawl Cluster	High-Rise Residential Cluster	Mountain Cluster	Old NT Cluster	Suburban Agriculture Cluster	Rural Cluster
	Number of NA in the cluster (N)	1937	5472	728	672	889	7403	297	4998	628	7251	2546	2914	1033
Location data by GIS analysis	Urbanized area ratio (%)	84.5	86.2	45.1	77.1	72.4	55.2	23.6	66.2	61.8	40.7	59.1	21.3	24.9
	Average distance from the center (km)	19.3	34.5	59.9	31.2	26.7	43.9	71.6	38.2	25.9	56.1	26.7	63.1	52.1
Census data of 2015 Japanese census	Population under 15 years old (%)	0.06	0.01	0.03	0.06	0.05	0.00	0.04	0.02	0.09	0.01	0.03	0.01	0.10
	Population between 16 and 64 years old (%)	0.09	0.02	0.04	0.09	0.08	0.00	0.06	0.03	0.12	0.01	0.05	0.02	0.14
	Population over 65 years old (%)	0.10	0.02	0.04	0.07	0.12	0.00	0.09	0.04	0.11	0.01	0.05	0.03	0.15
	Population of foreigners (%)	0.09	0.02	0.02	0.04	0.07	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.05
	Population who live in their own houses (%)	0.09	0.02	0.04	0.07	0.05	0.00	0.07	0.03	0.13	0.01	0.05	0.02	0.15
	Population who live in public housing (%)	0.01	0.00	0.00	0.01	0.12	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
	Population who live in private rented houses (%)	0.10	0.02	0.02	0.10	0.02	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00	0.02	0.00	0.07
	Population who live in houses for employees (%)	0.02	0.00	0.01	0.08	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
	Population who live in shared houses (%)	0.08	0.02	0.02	0.05	0.03	0.00	0.04	0.03	0.06	0.01	0.03	0.01	0.09
	Households who live outside of houses (%)	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	Households who live in detached houses (%)	0.07	0.02	0.05	0.05	0.03	0.00	0.10	0.04	0.09	0.02	0.06	0.03	0.19
	Households who live in traditional nagaya houses (%)	0.08	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.07
	Households who live in apartments (%)	0.08	0.02	0.02	0.08	0.10	0.00	0.01	0.02	0.08	0.00	0.02	0.00	0.04
	Households who live in 1- or 2-story buildings (%)	0.05	0.02	0.04	0.07	0.02	0.00	0.04	0.05	0.05	0.00	0.03	0.01	0.16
	Households who live in 3- to 5-story buildings (%)	0.05	0.01	0.01	0.07	0.11	0.00	0.01	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.03
Households who live in 6- to 10-story buildings (%)	0.06	0.01	0.01	0.06	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	
Households who live in 11 (or more)-story buildings (%)	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	

Table A1. Cont.

Heading	Inner City Cluster	Business Center Cluster	Mining Industry Cluster	Dense Cluster	Public Housing Cluster	Non-Residential Cluster	Agriculture Cluster	Sprawl Cluster	High-Rise Residential Cluster	Mountain Cluster	Old NT Cluster	Suburban Agriculture Cluster	Rural Cluster
Population who work in agriculture and forestry (%)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03
Population who work in a fishery (%)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Population who work in the mining industry (%)	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Population who work in the construction industry (%)	0.08	0.01	0.04	0.06	0.07	0.00	0.07	0.04	0.09	0.01	0.04	0.02	0.15
Population who work in the manufacturing industry (%)	0.05	0.01	0.03	0.07	0.05	0.00	0.05	0.03	0.08	0.01	0.03	0.02	0.12
Population who work in the electricity, gas, and water supply industries (%)	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03
Population who work in the information industry (%)	0.08	0.01	0.02	0.08	0.04	0.00	0.01	0.02	0.12	0.00	0.04	0.00	0.06
Population who work in the transport industry (%)	0.08	0.02	0.03	0.07	0.10	0.00	0.05	0.04	0.09	0.01	0.04	0.02	0.14
Population who work in the retail industry (%)	0.09	0.02	0.03	0.08	0.07	0.00	0.06	0.03	0.12	0.01	0.04	0.02	0.13
Population who work in the financial industry (%)	0.06	0.01	0.02	0.08	0.04	0.00	0.03	0.02	0.12	0.00	0.04	0.01	0.08
Population who work in the real estate business (%)	0.09	0.02	0.03	0.08	0.06	0.00	0.02	0.03	0.12	0.01	0.04	0.01	0.08
Population who work as researchers or professionals (%)	0.06	0.01	0.02	0.07	0.04	0.00	0.03	0.02	0.11	0.01	0.04	0.01	0.07
Population who work in the service industry (%)	0.09	0.02	0.03	0.07	0.07	0.00	0.06	0.03	0.09	0.01	0.04	0.01	0.12
Population who work in the entertainment industry (%)	0.06	0.01	0.02	0.05	0.05	0.00	0.04	0.02	0.07	0.01	0.03	0.01	0.09
Population who work in education (%)	0.06	0.02	0.03	0.08	0.04	0.00	0.05	0.02	0.13	0.01	0.05	0.02	0.10
Population who work in the medical/welfare industry (%)	0.07	0.02	0.03	0.07	0.07	0.00	0.06	0.03	0.11	0.01	0.04	0.02	0.13
Population who work in a joint service industry (%)	0.05	0.01	0.05	0.06	0.05	0.00	0.18	0.03	0.09	0.02	0.04	0.05	0.18
Population who work in another service industry (%)	0.09	0.02	0.04	0.08	0.10	0.00	0.06	0.04	0.11	0.01	0.04	0.02	0.14
Population who work as civil servants (%)	0.02	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.04
Population who work at home (%)	0.08	0.02	0.04	0.06	0.04	0.00	0.18	0.03	0.07	0.01	0.03	0.05	0.13
Population who work in their own city (%)	0.06	0.01	0.04	0.07	0.06	0.00	0.07	0.03	0.07	0.01	0.03	0.02	0.14
Population who work in other cities (%)	0.07	0.01	0.03	0.07	0.06	0.00	0.04	0.02	0.11	0.01	0.04	0.01	0.10
Population who work in other wards of their own cities (%)	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Population who work in other cities of their own prefectures (%)	0.03	0.00	0.02	0.07	0.05	0.00	0.05	0.03	0.09	0.01	0.04	0.01	0.12
Population who work in other prefectures (%)	0.03	0.01	0.02	0.07	0.03	0.00	0.01	0.01	0.15	0.00	0.05	0.01	0.05

Table A1. Cont.

Heading	Inner City Cluster	Business Center Cluster	Mining Industry Cluster	Dense Cluster	Public Housing Cluster	Non-Residential Cluster	Agriculture Cluster	Sprawl Cluster	High-Rise Residential Cluster	Mountain Cluster	Old NT Cluster	Suburban Agriculture Cluster	Rural Cluster
Population who go to school in their own city (%)	0.04	0.01	0.02	0.06	0.04	0.00	0.04	0.02	0.07	0.01	0.03	0.01	0.09
Population who go to school in other cities (%)	0.07	0.01	0.03	0.06	0.06	0.00	0.04	0.03	0.14	0.01	0.05	0.01	0.11
Population who go to school in other wards of their own cities (%)	0.07	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Population who go to school in other cities of their own prefectures (%)	0.04	0.01	0.03	0.06	0.06	0.00	0.06	0.03	0.13	0.01	0.05	0.02	0.13
Population who go to school in other prefectures (%)	0.04	0.01	0.02	0.06	0.03	0.00	0.03	0.02	0.16	0.01	0.05	0.01	0.08
Population who have lived in the area since birth (%)	0.07	0.02	0.05	0.06	0.05	0.00	0.13	0.04	0.10	0.02	0.04	0.05	0.17
Population who have lived in the area for 1 year (%)	0.06	0.02	0.02	0.10	0.05	0.00	0.03	0.03	0.07	0.00	0.03	0.01	0.08
Population who have lived in the area for the past 5 years (%)	0.06	0.01	0.02	0.08	0.06	0.00	0.03	0.02	0.08	0.00	0.03	0.01	0.09
Population who have lived in the area for the past 10 years (%)	0.07	0.01	0.03	0.07	0.07	0.00	0.04	0.03	0.12	0.01	0.04	0.01	0.11
Population who have lived in the area for the past 20 years (%)	0.08	0.02	0.03	0.07	0.08	0.00	0.05	0.03	0.15	0.01	0.05	0.01	0.13
Population who have lived in the area for over 20 years (%)	0.07	0.02	0.04	0.05	0.08	0.00	0.08	0.03	0.09	0.01	0.05	0.02	0.15
Public facilities land (m ²)	39,637	18,936	24,393	65,205	32,639	40,830	32,143	33,208	41,080	17,951	23,897	19,784	34,391
Low-rise residential land (m ²)	32,789	13,485	35,363	28,848	19,301	3504	111,001	26,419	48,553	17,373	39,973	41,492	72,239
High-rise residential land (m ²)	9053	1632	4380	14,971	39,734	583	525	3654	21,313	807	4928	701	6887
Park green land (m ²)	11,649	5947	9426	10,631	14,580	13,580	41,421	7421	14,513	7716	7405	15,447	17,434
Commercial facilities land (m ²)	17,635	7810	10,736	20,405	10,950	11,914	31,938	11,282	13,067	6388	7436	14,571	24,132
Dense residential land (m ²)	5531	1619	5025	3073	2458	265	4379	4163	2633	1325	3540	933	11,780
Mountain forest land (m ²)	109,634	205,136	419,545	196,341	56,359	652,836	2,742,099	66,609	216,845	676,535	272,460	2,120,660	628,045
Industrial land (m ²)	6192	3303	7430	8553	5245	18,729	34,147	7846	5047	5513	3327	12,189	15,315
Rice field (m ²)	4655	3102	11,091	5342	3631	10,420	248,038	5034	3573	14,977	3650	107,506	46,223
Farm land (m ²)	3541	1619	7553	2688	3490	3963	175,850	4020	3076	9034	2929	73,126	35,252
Vacant land (m ²)	7493	3565	9145	11,319	7761	7413	60,975	6932	12,634	6345	9059	23,757	23,063
developing land (m ²)	275	745	3244	283	64	5920	3203	1890	355	1699	2028	5318	2704

References

1. Japan National Institute of Population and Social Security Research. Population and Social Security in Japan 2019. In *IPSS Research Report*; Japan National Institute of Population and Social Security Research: Tokyo, Japan, 2019; p. 85.
2. Kato, H.; Kanki, K. Development of walkability indicator for visualising smart shrinking—A case study of sprawl areas in North Osaka Metropolitan Region. *Int. Rev. Spat. Plan. Sustain. Dev.* **2020**, *8*, 39–58. [[CrossRef](#)]
3. Cerin, E.; Saelens, B.E.; Sallis, J.F.; Frank, L.D. Neighborhood environment walkability scale: Validity and development of a short form. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2006**, *38*, 1682–1691. [[CrossRef](#)]
4. Inoue, S.; Murase, N.; Shimomitsu, T.; Ohya, Y.; Odagiri, Y.; Takamiya, T.; Ishii, K.; Katsumura, T.; Sallis, J.F. Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese adults. *Prev. Med.* **2009**, *48*, 321–325. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Kato, H. Effect of Walkability on Urban Sustainability in the Osaka Metropolitan Fringe Area. *Sustainability* **2020**, *12*, 9248. [[CrossRef](#)]
6. Japanese MILT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism). Basic Plan on Transport Policy. Available online: <https://www.mlit.go.jp/common/001096409.pdf> (accessed on 15 September 2020).

7. Kato, H. Development of a Spatio-temporal Analysis Method to Support the Prevention of COVID-19 Infection: Space-Time Kernel Density Estimation Using GPS Location History Data. In *Urban Informatics for Future Cities*; Geertman, S., Pettit, C., Goodspeed, R., Staffans, A., Eds.; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2021; pp. 51–67. ISBN 978-3-030-76058-8. [CrossRef]
8. Kato, H.; Matsushita, D. Changes in Walkable Streets during the COVID-19 Pandemic in a Suburban City in the Osaka Metropolitan Area. *Sustainability* **2021**, *13*, 7442. [CrossRef]
9. Kato, H.; Takizawa, A.; Matsushita, D. Impact of COVID-19 Pandemic on Home Range in a Suburban City in the Osaka Metropolitan Area. *Sustainability* **2021**, *13*, 8974. [CrossRef]
10. Kato, H. How Does the Location of Urban Facilities Affect the Forecasted Population Change in the Osaka Metropolitan Fringe Area? *Sustainability* **2021**, *13*, 110. [CrossRef]
11. OECD Stat. Metropolitan Areas (Database). Available online: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CITIES> (accessed on 16 September 2021).
12. Japanese Law Translation. Local Autonomy Act. Available online: <http://www.japaneselawtranslation.go.jp/law/detail/?id=281&vm=&re=01> (accessed on 26 July 2021).
13. Renne, J.L.; Tolford, T.; Hamidi, S.; Ewing, R. The Cost and Affordability Paradox of Transit-Oriented Development: A Comparison of Housing and Transportation Costs across Transit-Oriented Development, Hybrid and Transit-Adjacent Development Station Typologies. *Hous. Policy Debate* **2016**, *26*, 819–834. [CrossRef]
14. Xia, Z.L.; Li, H.; Chen, Y.H. Assessing Neighborhood Walkability Based on Usage Characteristics of Amenities under Chinese Metropolises Context. *Sustainability* **2018**, *10*, 3879. [CrossRef]
15. Zhang, J.; Tan, P.Y.; Zeng, H.; Zhang, Y. Walkability Assessment in a Rapidly Urbanizing City and Its Relationship with Residential Estate Value. *Sustainability* **2019**, *11*, 2205. [CrossRef]
16. Boyle, A.; Barrilleaux, C.; Scheller, D. Does Walkability Influence Housing Prices? *Soc. Sci. Q.* **2014**, *95*, 852–867. [CrossRef]
17. Li, W.; Joh, K.; Lee, C.; Kim, J.H.; Park, H.; Woo, A. Assessing Benefits of Neighborhood Walkability to Single-Family Property Values: A Spatial Hedonic Study in Austin, Texas. *J. Plan. Educ. Res.* **2015**, *35*, 471–488. [CrossRef]
18. Kim, E.J.; Kim, H. Neighborhood Walkability and Housing Prices: A Correlation Study. *Sustainability* **2020**, *12*, 593. [CrossRef]
19. Saita, Y.; Shimizu, C.; Watanabe, T. Aging and real estate prices: Evidence from Japanese and US regional data. *Int. J. Hous. Mark. Anal.* **2016**, *9*, 66–87. [CrossRef]
20. Maennig, W.; Dust, L. Shrinking and growing metropolitan areas asymmetric real estate price reactions? The case of German single-family houses. *Reg. Sci. Urban Econ.* **2008**, *38*, 63–69. [CrossRef]
21. Smith, N.; LeFavre, M. A class analysis of gentrification. In *Gentrification, Displacement, and Neighborhood Revitalization*; Palen, J., London, B., Eds.; State University of New York Press: Albany, NY, USA, 1984; pp. 43–63.
22. Kato, H. Residents' evaluations of the tourism gentrification caused by guesthouses in the central area of Kyoto City: A case study of Shutoku District in Kyoto City. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2020**, *960*, 032063. [CrossRef]
23. Paul, K.; Steven, P. Difference and inequality: Socioeconomic and sociocultural patterns. In *Urban Social Geography—An Introduction*, 6th ed.; Prentice Hall: Harlow, UK, 2010; pp. 67–83.
24. Brownson, R.C.; Hoehner, C.M.; Day, K.; Forsyth, A.; Sallis, J.F. Measuring the built environment for physical activity, state of the science. *Am. J. Prev. Med.* **2009**, *36*, 99–123. [CrossRef]
25. Cervero, R.; Kockelman, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transp. Res. D Transp. Environ.* **1997**, *2*, 199–219. [CrossRef]
26. Duncan, D.T.; Aldstadt, J.; Whalen, J.; Melly, S.J.; Gortmaker, S.L. Validation of Walk Score[®] for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2011**, *8*, 4160–4179. [CrossRef] [PubMed]
27. Frank, L.D.; Schmid, T.L.; Sallis, J.F.; Chapman, J.; Saelens, B.E. Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form. *Am. J. Prev. Med.* **2005**, *28*, 117–125. [CrossRef] [PubMed]
28. Frank, L.D.; Sallis, J.F.; Saelens, B.E.; Leary, L.; Cain, K.; Conway, T.L.; Hess, P.M. The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *44*, 924–933. [CrossRef] [PubMed]
29. Owen, N.; Cerin, E.; Leslie, E.; duToit, L.; Coffee, N.; Frank, L.D.; Bauman, A.E.; Hugo, G.; Sealens, B.E.; Sallis, J.F. Neighborhood walkability and the walking behavior of Australian adults. *Am. J. Prev. Med.* **2007**, *33*, 387–395. [CrossRef]
30. Koohsari, M.J.; Sugiyama, T.; Hanibuchi, T.; Shibata, A.; Ishii, K.; Liao, Y.; Oka, K. Validity of Walk Score[®] as a measure of neighborhood walkability in Japan. *Prev. Med. Rep.* **2018**, *9*, 114–117. [CrossRef] [PubMed]
31. E-Stat. Japanese Census Data in 2015. Available online: <https://www.e-stat.go.jp/> (accessed on 14 June 2020). (In Japanese)
32. Conservation GIS-Consortium Japan. GIS Data. Available online: http://cgisj.jp/download_type_list.php (accessed on 14 April 2020). (In Japanese).
33. Geospatial Information Authority of Japan. The Numerical Map 5000 in Japan. Available online: <https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/lum-5k.html> (accessed on 1 April 2020). (In Japanese)
34. At Home Co., Ltd. At Home Dataset. Informatics Research Data Repository, National Institute of Informatics (Dataset). 2020. Available online: https://dsc.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=4333&item_no=1&page_id=13&block_id=21 (accessed on 3 October 2021). [CrossRef]
35. G-Spatial Information Center, Japanese MILT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism). Future Population and Household Forecast Tool V. 2 (2015 National Census Edition Download Webpage). Available online: <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cohort-v2> (accessed on 14 March 2020).

36. Pivo, G.; Fisher, J.D. The Walkability Premium in Commercial Real Estate Investments. *Real Estate Econ.* **2011**, *39*, 185–219. [[CrossRef](#)]
37. Lucchesi, S.T.; Larranaga, A.M.; Cybis, H.B.B.; Silva, J.; Arellana, J.A. Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects in two Global South cities. *Res. Transp. Econ.* **2021**, *86*, 14. [[CrossRef](#)]
38. Kemeny, J. From Public Housing to the Social Market. In *Rental Policy Strategies in Comparative Perspective*; Routledge: London, UK, 1995; ISBN 0-415-08365-6.
39. Balletto, G.; Ladu, M.; Milesi, A.; Borruso, G. A Methodological Approach on Disused Public Properties in the 15-Minute City Perspective. *Sustainability* **2021**, *13*, 593. [[CrossRef](#)]
40. Osaka City. Midosuji Future Vision (Summary Version). Available online: <https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/cmsfiles/contents/0000464/464479/gaiyou.pdf> (accessed on 31 July 2021). (In Japanese).
41. Kyoto City. Kyoto City Urban Planning Master Plan (Draft). Available online: https://www.city.kyoto.lg.jp/templates/pubcomment/cmsfiles/contents/0000285/285150/toshimasu_soan.pdf (accessed on 31 July 2021). (In Japanese).
42. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan. National Land Information Download Service. Available online: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (accessed on 14 March 2020).