

研究助成実施報告書

助成実施年度	2019 年度
研究課題（タイトル）	関西都市圏周辺地域のサステナビリティに対してウォークアビリティが与える効果
研究者名※	加登 遼
所属組織※	武庫川女子大学 生活美学研究所 助手 (大阪市立大学大学院 生活科学研究科 居住環境学講座 助教)
研究種別	研究助成
研究分野	都市政策、都市経済
助成金額	100 万円
発表論文等	Sustainability 2020, 12, 9248 Sustainability 2021, 13, 110

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

() は、報告書提出時所属先。

大林財団 2019 年度研究助成実施報告書

所属機関名 大阪市立大学 生活科学研究科

申請者氏名 加登 遼

研究課題	関西都市圏周辺地域のサステナビリティに対してウォーカービリティが与える効果
<p>(概要)</p> <p>本研究の目的は、大阪都市圏周辺地域のサステナビリティに対して、ウォーカービリティが与える効果を解明した点である。具体的には、以下の3つの研究を段階的に進めた。</p> <p>研究①：都市生態分析による大阪都市圏のクラスター分類</p> <p>研究②：ウォーカービリティがエコロジカルフットプリントに与える統計的因果関係</p> <p>研究③：都市施設の立地が人口に与える統計的因果関係</p> <p>その結果、大阪都市圏周辺地域の中でも、Sprawl Cluster は、ウォーカービリティを向上させるほど持続可能性が向上することが分かった。すなわち、Sprawl Cluster では、企業や自治体によるウォーカービリティに着目した取り組みが、SDGs に向けて効果的であることが分かった。しかし、Old New-Town Cluster は、ウォーカービリティを向上させるほど持続可能性が低下することが分かった。その理由を、都市施設の立地から検証した結果、Old New-Town Cluster では、既存のウォーカービリティの概念とは異なる、新しいアプローチの必要性が分かった。</p>	

1. 研究の目的

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究の目的は、大阪都市圏周辺地域のサステナビリティに対して、ウォークビリティが与える効果を解明する点である。このウォークビリティとは、「居住エリアにおける歩行を促進する生活環境」と定義される(加登ら, 2019)。そして、申請者は、このウォークビリティに関する研究が国内外で評価されて、博士論文として執筆した。具体的に、日本の地理情報システム(GIS)で評価可能なウォークビリティ指標を開発して、北部大阪都市計画区域を事例に、各町丁目のウォークビリティを算出した(加登ら, 2017)。その結果を踏まえて、ウォークビリティに影響を与える要因として、安心感や快適性などの主観的な評価の影響が大きいことを解明した(加登ら, 2019)。

その研究成果を踏まえた本研究の「問い」は、「ウォークビリティが、大阪都市圏周辺地域のサステナビリティ(Urban Sustainability)に与える効果は何か?」ということである。その対象地域として、人口減少都市を抱える大都市圏周辺地域の中でも、大阪都市圏周辺地域(Osaka Metropolitan Fringe Area)を対象とする。その理由は、2025年日本国際博覧会(大阪万博 2025)の開催目的の1つが「持続可能な開発目標(SDGs)が達成される社会」であり、本研究を実施する効果が高いためである。すなわち、本研究の研究成果は、大阪万博2025が目指す持続可能な開発目標(SDGs)に向けた、企業や自治体の取り組みへと貢献することが期待されるのである。

本研究がサステナビリティへの影響を解明する意義は、持続可能な開発目標(SDGs)に向けて、企業や自治体によるウォーク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。さらに、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、新たな取り組みの萌芽を見出す契機となることが期待される。

その学術的特色は、サステナビリティ評価ツールとして、エコロジカル・フットプリンク(Ecological Footprint, 以下、“EF”と省略)により分析する点である。サステナビリティとは、環境的持続可能性を前提に、経済的持続可能性を手段として、社会的持続可能性を目標とした概念である。この内、本研究が着目するEFとは、Wackemagelら(1996)が、「ある特定の生活様式を永続的に支えていくために必要な土地面積」として、持続可能な循環型社会を目指して開発した評価指標である。

その学術的独創性は、データサイエンスとして、GISを用いて、町丁目スケールで分析する点である。それにより、地区の特徴に応じた、きめ細やかな分析が可能となる。なお申請者は、町丁目スケールで分析可能なウォークビリティ指標を、既に開発している(加登ら, 2017)。そして、町丁目スケールでEFを計算することが可能なUjihara-Taniguchi Modelを参照して、ウォークビリティとサステナビリティとの統計的因果関係を解明する。

2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

上記の研究目的を達成するために、以下の3つの研究を段階的に進めた。具体的には、以下の通りである。

研究①: 都市生態分析による大阪都市圏のクラスター分類

研究②: ウォークビリティがエコロジカルフットプリントに与える統計的因果関係

研究③: 都市施設の立地が人口に与える統計的因果関係

研究①: 都市生態分析による大阪都市圏町丁目のクラスター分類

研究①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した。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である。具体的には、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。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、研究①は、大阪都市圏の町丁目を、13つの居住クラスターに分類した(図1)。その居住クラスターに対して、標準化構成比を基に居住クラスター名を決定した。この内、市街化区域に含まれて、都心 10 キロメートル以上の Fringe Area に立地する大都市圏周辺地域の居住クラスターは、Sprawl Cluster、Old New-Town Cluster であることが分かった。したがって、研究②以降は、その 2 つの居住クラスターを対象に分析した。



図1 都市生態分析による大阪都市圏町丁目のクラスター分類(出典 Kato, 2021 より)

研究②: ウォーカビリティがエコロジカルフットプリントに与える統計的因果関係

研究②は、ウォーカビリティがエコロジカルフットプリントに与える統計的因果関係を解明した。具体的には、3つの研究を行った。まず、研究②-1として、Walkability Index (以下、WIと省略)を用いて、居住エリアを評価した。本研究が使用する Walkability Index は、Frank, L.D. et al. (2009)が、オーストラリアを事例に近隣環境を評価する指標として開発した、GIS を用いたウォーカビリティに関する評価指標の 1 つである。この 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 WI は、世帯密度 ND・交差点密度 SC・土地利用混合度 LUM を標準化した数値を合算した数値が WI である。その具体的な算出は、Kato (2020)を参照されたい。

その WI を算出して、地図上に描画したのが、図2である。そして、次に、研究①のクラスターに応じて、WI を分析した(図3)。その結果、他の居住クラスターと比較して、Sprawl Cluster は WI が高い傾向にあるが、Old New-Town Cluster は WI が低い傾向にあることが分かった。

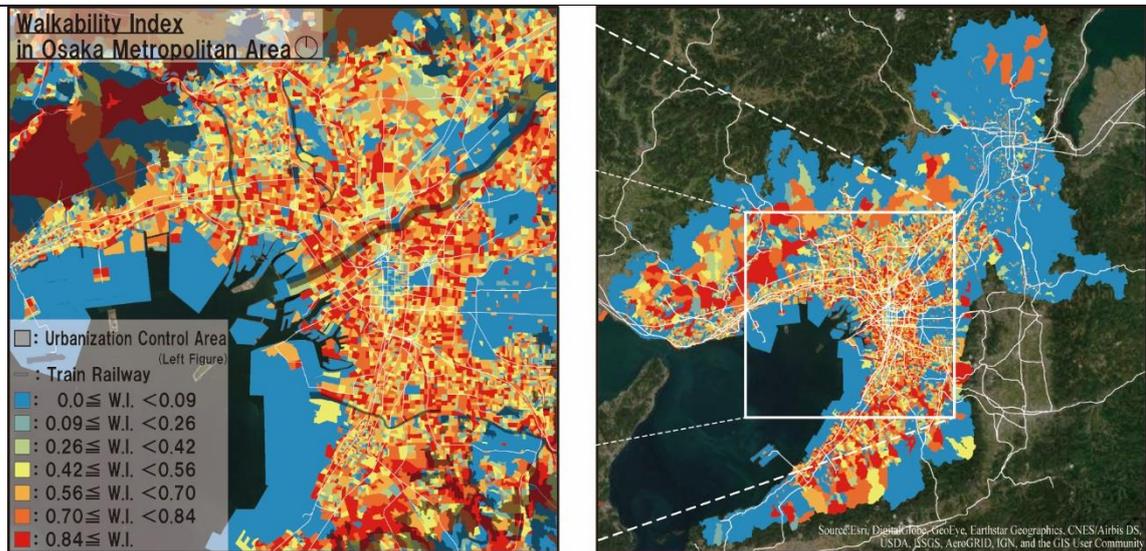


図2 大阪都市圏における WI の分布 (出典 Kato, 2020 を一部修正)

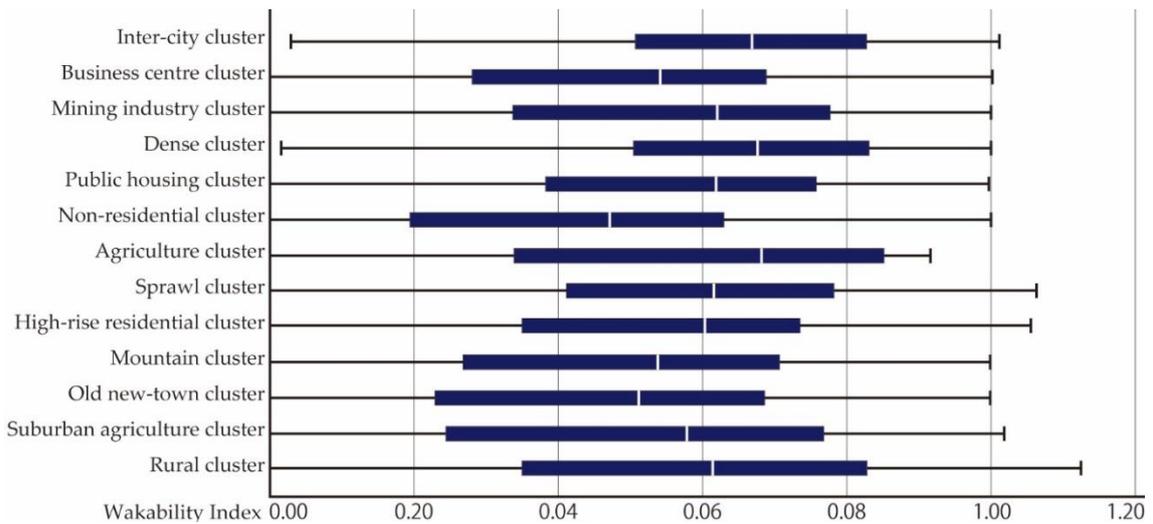


図3 各居住クラスターの WI (出典 Kato, 2020 より)

次に、研究②-2として、Ecological Footprint(以下、EFと省略)とBio-Capacity(以下、BCと省略)の比を用いて、居住エリアを評価する。研究が着目するEFとは、Wackemagelら(1996)が、「ある特定の生活様式を永続的に支えていくために必要な土地面積」として、持続可能な循環型社会を目指して開発した評価指標である。このEFは、①耕作地フットプリント(以下、“FP”と省略)、②牧草地FP、③森林地FP、④都市用地FP、⑤CO₂吸収用地FPの合算値により算出される。本研究は、そのEFとBCの算出に、コンパウンド法の基本的な算出式から町丁目スケールでBC/EFを分析することが可能な、Ujihara et al. (2011)のUjihara-Taniguchi Modelを参照した。コンパウンド法とは、地域全体の統計データを用いてEFを算出するトップダウン的な方法であり、EFの構成要素を足し上げていくコンポーネント法と対極にある方法である。コンパウンド法の方が、二重加算の危険性が低く、信頼性の高いデータとされている。そのコンパウンド法の中でも、Ujihara-Taniguchi Modelを参照した理由は、日本で取得可能なオープンデータを利用して、町丁目スケールで分析することが可能であるためである。また、日本国内においても、Chen et al. (2013)が研究を行っており、そのモデルの有効性が検証されている。ただし、Ujihara et al. (2011)が提案した2011年から10年が経過して、現在では存在しない統計データや、新しく有効な統計データが存在するため、Ujihara-Taniguchi Modelを参照したBC/EFを使用した。その具体的な算出は、Kato (2020)を参照された。

そのEF/BCを算出して、地図上に描画したのが、図4である。そして、次に、研究①のクラスターに応じて、EF/BCを分析した(図5)。その結果、他の居住クラスターと比較して、Sprawl ClusterはEF/BCが低い傾向にあるが、Old New-Town ClusterはEF/BCが高い傾向にあることが分かった。

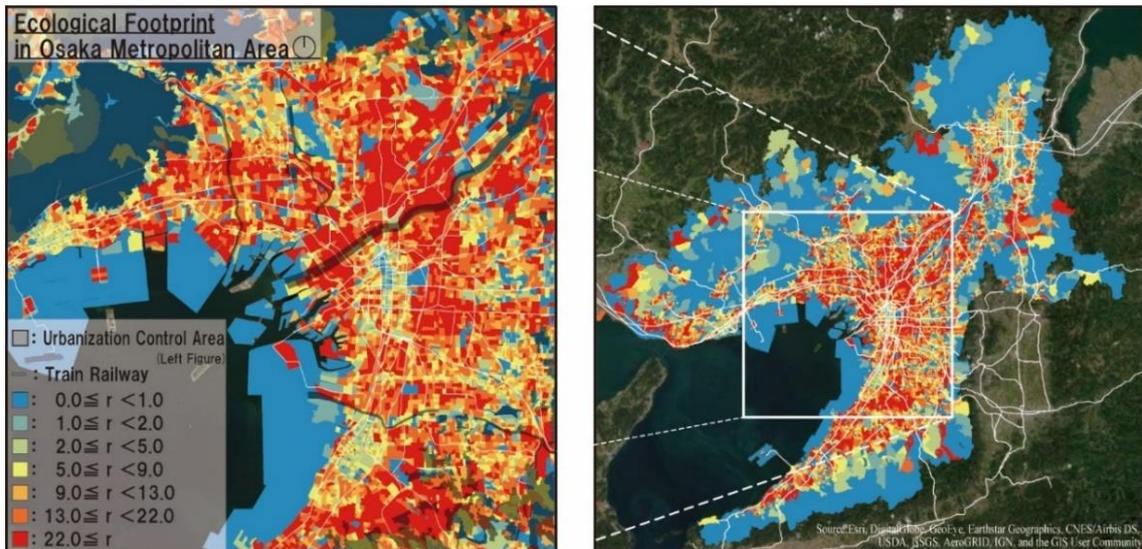


図4 大阪都市圏におけるEF/BCの分布 (出典 Kato, 2020より)

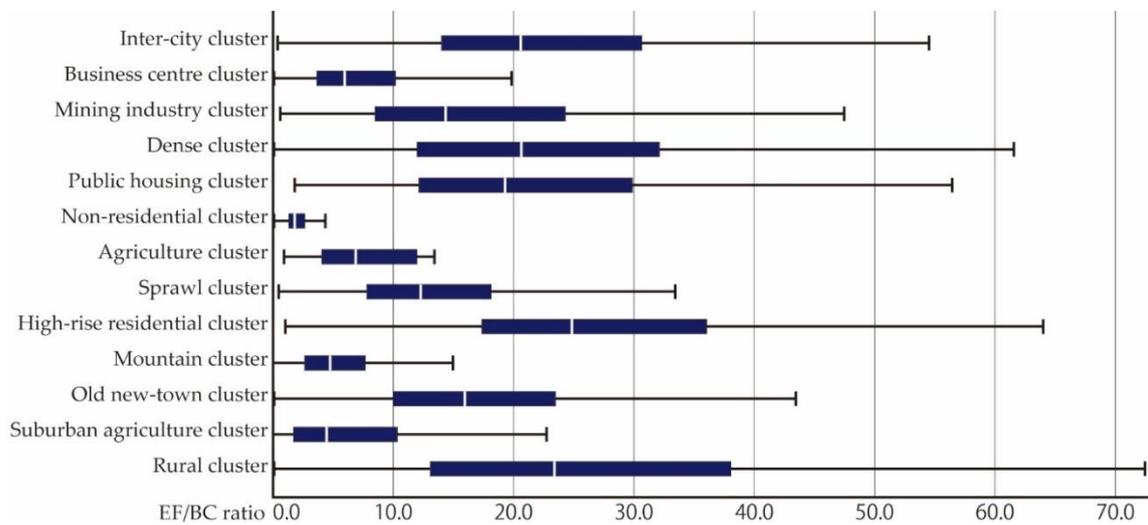


図5 各居住クラスターのEF/BC (出典 Kato, 2020より)

最後に、研究②-3として、WIとEF/BCの統計的因果関係を、居住クラスターの類型に応じて、町丁目スケールで分析する。そのために、研究②-1で算出したWIを説明変数に、研究②-2で算出したEF/BCを目的変数に設定して、研究①で類型化したクラスター毎に、重回帰分析(ステップワイズ法)を行った(表1)。

その結果、表1より、市街地の類型によって、因果関係が異なることが分かった。全体としては、WIとEF/BCは正の因果関係にあることが分かった。その中でも、最も高い影響を与えているのが、Old New-Town Clusterである。このOld New-Town Clusterは、WIが高いほど、EF/BCが高くなることが分かった($B=303.373$)。すなわち、Old New-Town Clusterは、WIを向上させるほど持続可能性が低下することが分かった。その一方、Sprawl Clusterは、WIが高いほど、EF/BCが低くなることが分かった($B=-40.410$)。すなわち、Sprawl Clusterは、WIを向上させるほど持続可能性が向上することが分かった。

表 1 ウォーカビリティがエコロジカルフットプリントに与える統計的因果関係（出典 Kato, 2020 より）

Type of Cluster	Explanatory Variable	Regression Coefficient (B)	Standard Error	p-value
Inter-city cluster	WI	2.474	0.864	0.004
	(Constant)	27.159	0.904	0.000
Business center cluster	-	-	-	-
Mining industry cluster	-	-	-	-
Dense cluster	-	-	-	-
Public housing cluster	-	-	-	-
Non-residential cluster	WI	0.220	0.053	0.000
	(Constant)	2.544	0.062	0.000
Agriculture cluster	-	-	-	-
Sprawl cluster	WI	-40.410	17.510	0.021
	(Constant)	44.735	16.956	0.008
High-rise residential cluster	-	-	-	-
Mountain cluster	-	-	-	-
Old new-town cluster	WI	303.373	34.361	0.000
	(Constant)	73.952	43.848	0.092
Suburban agriculture cluster	-	-	-	-
Rural cluster	WI	3.591	1.532	0.020
	(Constant)	31.081	2.108	0.000

“-” are the variables that were not adopted in the stepwise selection method.

研究②の研究成果は、本研究を申請した時点で、執筆者は予測していなかった、驚くべき結果であった。具体的に、加登ら(2020)の研究成果より、Sprawl Cluster は、WI を向上させるほど持続可能性が向上するという仮説は持っており、他の居住クラスターにおいても、Sprawl Cluster ほどの強さではなくても WI を向上させるほど持続可能性が向上させるか、重回帰分析による因果関係が出ないと仮説を立てていたのである。そのため、Old New-Town Cluster のように、WI を向上させるほど持続可能性が低下する居住クラスターは無いと思っていた。

その理由として、Kato (2020)は、以下の2つの可能性を考察した。1つ目は、各居住クラスターにおける居住者の生活行動の違いである。過去のパーソントリップ調査の結果より、Sprawl Cluster などでは歩行や自転車の利用が高いのに比べて、Old New-Town Cluster などでは、自家用車の利用が高いことが分かっている。すなわち、Old New-Town Cluster では、歩行をベースとした生活習慣を持つ居住者が少ないのである。しかし、Old New-Town Cluster を含む大阪都市圏周辺地域は、高齢化の課題を抱えている。すなわち、自家用車の免許を返納すると、歩行に基づくライフスタイルに切り替える必要があるのである。したがって、WI を向上させるほど持続可能性が低下するからと言って、ウォークアブルな街を実現することを断念する訳にはいかない。

そこで、2つ目の可能性として指摘したのが、居住クラスターに応じたウォークアビリティの概念の違いである。具体的に、本研究が使用したWIは、研究②-1の通り、世帯密度・交差点密度・土地利用混合度の構成要素により構成されている。しかし、Kato et al (2020)が、日本のSprawl Cluster に合わせた評価指標を開発したように、Old New-Town Cluster に合わせたウォークアビリティの評価指標の可能性があると考えた。

その可能性の中でも、ウォークアビリティに大きな影響を与えるのは、土地利用である。その土地利用に対して、都市計画からアプローチしやすいのは、都市施設の立地である。そこで、研究③は、都市施設の立地と、都市の持続可能性について研究した。なお、研究③における都市の持続可能性は、立地適正化計画を想定して、EFではなく、将来人口の維持を目的変数として分析した。

研究③: 都市施設の立地が将来人口に与える統計的因果関係

研究③は、都市施設の立地が将来人口に与える統計的因果関係を解明した。具体的には、2つの研究を行った。まず、研究③-1として、コーホート要因法により、将来人口を推計した。具体的に、研究①と同じ平成27年度国勢調査小地域集計のデータを用いて、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」により、2020年町丁目別将来人口 P_{2020} と2040年町丁目別将来人口 P_{2040} から、の町丁目別将来人口変化率 D_{2040} を算出した。

その結果の内、2040年町丁目別将来人口密度を表示したのが、図6である。そして、次に、研究①のクラスターに応じて、WIを分析した(図6)。その結果、大都市圏周辺地域の居住クラスターの中で、人口減少が課題となる居住クラスターは、Public Housing cluster・Sprawl Cluster・Old New-Town Cluster であることが分かった。

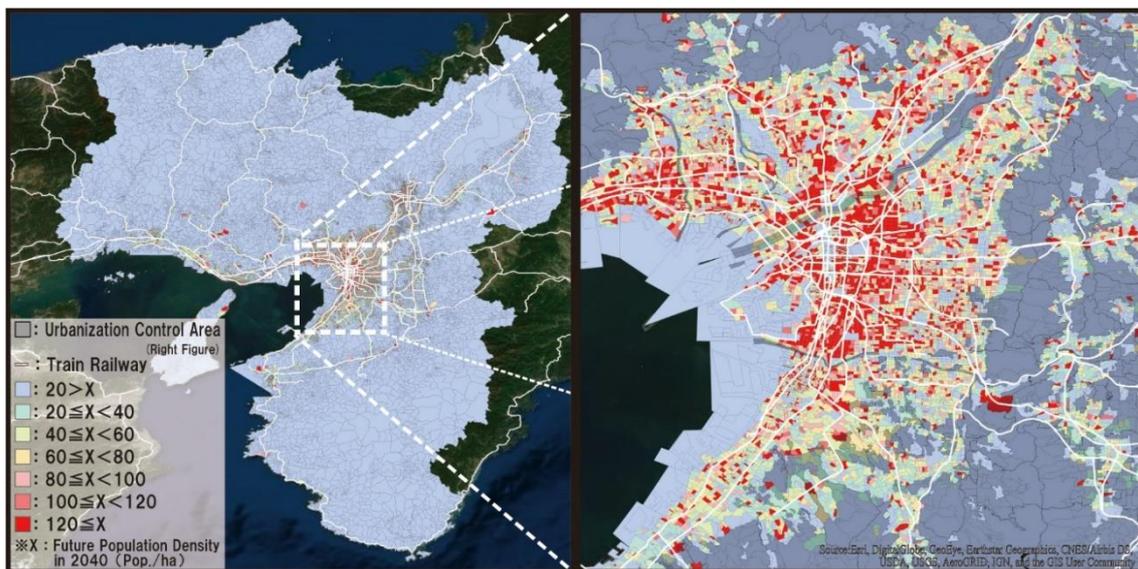


図6 大阪都市圏における2040年町丁目別将来人口密度の分布 (出典 Kato, 2021より)

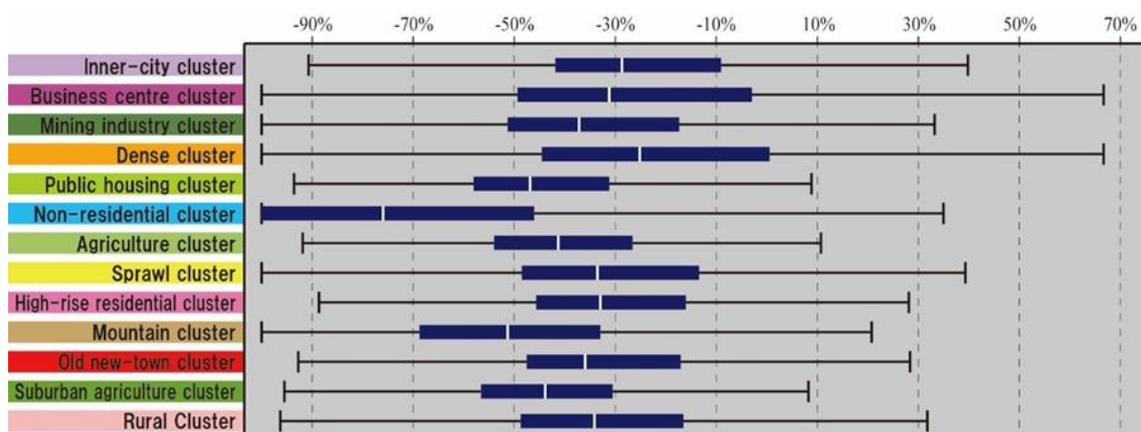


図7 各居住クラスターの D_{2040} (出典 Kato, 2021より)

次に、研究③-2として、Sprawl Cluster、Old New-Town Clusterを対象として、将来人口変化率 D_{2040} に影響を与える施設距離を解明した。具体的に、各居住クラスターに応じた、各施設距離と将来人口変化率 D_{2040} のデータを基に、ベイジアンネットワーク分析により、指標間の関係性を分析した(図8, 図9, 図10)。さらに、Pearsonの相関係数 r を算出した。研究③-2の施設距離とは、国土数値情報ダウンロードサービスで提供されているポイントデータの内、都市計画で検討することが想定される14データを利用した。その14データとは、小学校・避難施設・警察署・

消防署・郵便局・医療機関・福祉施設・文化施設・都市公園・地場産業関連施設・集客施設・地域資源・鉄道駅・バス停に関する都市施設の立地データである。その 14 指標から、各都市施設から各居住エリアまでの距離を算出して、14 指標を作成した。なお、その距離とは、居住エリアの外延部から最近接の都市施設までの距離を意味しており、居住エリア内に都市施設がある場合の距離は 0 となる。

なお、ベイジアンネットワークとは、複数の確率変数間の確率的な依存関係をグラフ構造によってあらわして、個々の変数間の定量的な関係を条件付き確率で表した確率モデルである。そのモデルの特徴は、因果的な構造をネットワークとして表すことである。そのネットワークにより確率推論を行うことで、不確実な事象を予測することが可能になる。同様の統計分析方法として、共分散構造解析やニューラルネットワーク分析、決定木分析などがあるが、ベイジアンネットワーク分析を採用することで、変数間の関係が非線形・非正規的でも柔軟に分析することが可能になる。なお、ベイジアンネットワーク構築のアルゴリズムとして、BayesiaLab8.0 を使用した。

その結果、Fig.5・Fig.6・Fig.7 より、急速な人口変化率 D_{2040} を緩和する都市施設の存在を解明した。しかし、その都市施設はクラスターに応じて異なり、種類も限定的であることが分かった。さらに、将来人口変化率 D_{2040} に対して、強く影響を与える都市施設は無いことが分かった。最後に、それらの都市施設について、居住クラスター毎に考察する。

まず、Sprawl Cluster について、図 8 より、将来人口変化率 D_{2040} に最も影響を与えるのは、医療施設であることが分かった ($r=-0.0855$)。すなわち、医療施設が近くに立地する居住エリアほど、将来的に人口が急速に減る可能性が低いのである。

次に、Old New-Town Cluster について、図 9 より、将来人口変化率 D_{2040} に最も影響を与えるのは、鉄道駅であることが分かった ($r=-0.0789$)。すなわち、鉄道駅に近い居住エリアほど、将来的に人口が急速に減る可能性が低いのである。しかし、鉄道駅の立地は誘導できない。したがって、鉄道駅から遠いオールド NT は、都市施設の誘導とは異なる都市デザインを検討する必要がある。

最後に、Public Housing Cluster について、将来人口変化率 D_{2040} に最も影響を与えるのは、地域資源であることが分かった ($r=0.0866$)。すなわち、地域資源から遠い居住エリアほど、将来的に人口が急速に減る可能性が低いのである (Tab.4)。なお、国土数値情報ダウンロードサービスが提供する地域資源とは、「自然景観の基盤(骨格)を成す地形、地質及び自然景観として認識される自然現象」であり、山間部に立地している。したがって、地域資源から遠い居住エリアとは、都心部に近いことを意味している。

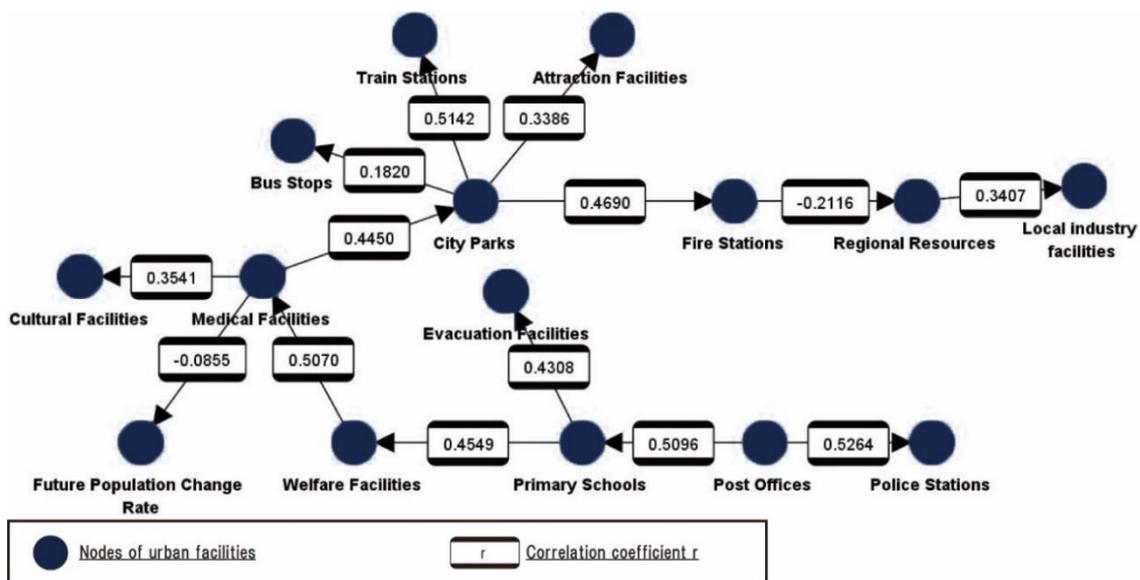


図 8 Sprawl Cluster のベイジアンネットワーク (出典 Kato, 2021 より)

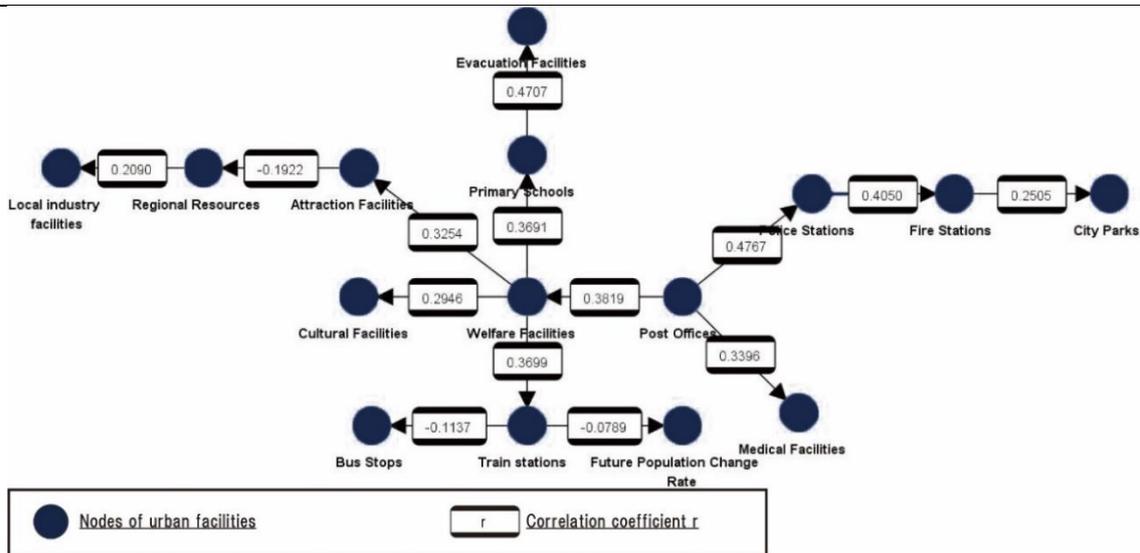


図9 Old New-Town Cluster のベイジアンネットワーク (出典 Kato, 2021 より)

研究③の研究成果は、研究②で驚くべき結果であった Sprawl Cluster と Old New-Town Cluster の違いを検証する良いデータとなった。具体的に、Sprawl Cluster について、研究③は、医療施設・福祉施設・小学校に近い居住エリアほど将来人口を維持できる可能性を解明した。これらの都市施設の利用者は、主に高齢者や子供など、歩行に依存せざる負えない居住者である。したがって、Sprawl Cluster では、徒歩がしやすい近隣環境 (Walkable Neighborhood) が成立している可能性が高い。それが、研究②の Sprawl Cluster の結果が、WI を向上するほど持続可能性が向上する結果に関係するのではないだろうか。

一方、Old New-Town Cluster について、研究②は、駅舎に居住エリアほど将来人口を維持できる可能性を解明した。Old New-Town Cluster の中には、TODとして駅舎と一体的に開発された Old New-Town Cluster もある。しかし、丘陵部に立地する Old New-Town Cluster の多くは、駅舎から離れて立地している。そのような Old New-Town Cluster の居住者は、自家用車に依存しながら、広域な生活圏を形成している可能性がわかった。すなわち、Old New-Town Cluster では、既存のウォーカービリティの概念に基づく Walkable Neighborhood が成立していない可能性が高い。それが、研究②の Old New-Town Cluster の結果が、WI を向上するほど持続可能性が低下する結果に関係していたのではないだろうか。

現在、Society 5.0 による社会のスマート化を目指すビジョンの基、Cyber-Physical System に関するテクノロジーが進展している。例えば、勤務先とは異なる場所で働くリモートワークだけでなく、診療所でも医療サービスを受診できるオンライン遠隔や、運転手不在でも鉄道駅へ巡行する自動運転バスなどは、既に社会実験が行われて、近い将来に実現する可能性が高い。それらのデジタルシフトにより実現する都市では、都市施設の誘導により居住地を集約化することを目指した市街地像だけでなく、居住地の類型に応じて、オルタナティブの市街地像を目指しても良いのではないだろうか。例えば、Sprawl Cluster では、既存のウォーカービリティの概念に基づく市街地像を目指すことで、都市の持続可能性に寄与できる可能性が高い。一方、Old New-Town Cluster では、テクノロジーを導入した、新しいウォーカービリティの概念を提示することができれば、従来の自家用車に依存したライフスタイルに即した、自立的な生活環境を維持する市街地像を提起できる可能性がある。今後の都市計画は、立地適正化計画を補完する、新たな都市デザインを研究・実践することを通して、人口減少を許容しつつ、居住者の自立的な生活環境を維持するスマートデクライン (Smart decline) を実現する必要がある。

3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

研究①+②、研究①+③の研究成果は、オープンアクセスの国際誌 *Sustainability* (IF=2.58) に、学術論文として掲載された。さらに、研究①②③を基に現在進めている研究も、オープンアクセスの国際誌に掲載されることが期待される。

[1] Kato, H. Effect of Walkability on Urban Sustainability in the Osaka Metropolitan Fringe Area. *Sustainability* 2020, 12, 9248. <https://doi.org/10.3390/su12219248>

[2] Kato, H. How Does the Location of Urban Facilities Affect the Forecasted Population Change in the Osaka Metropolitan Fringe Area? *Sustainability* 2021, 13, 110. <https://doi.org/10.3390/su13010110>

4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究の今後の課題は、SDGs に向けて、企業や自治体が共同して、ウォークビリティの向上に向けた取り組みを実践していくことである。そのウォークビリティの向上に向けて、現在、様々な制度が整いつつある。具体的に、令和2年度に、国土交通省は、社会資本整備総合交付金・補助金に、「まちなかウォークブル推進プログラム」を位置付けた。それを受けて、「ウォークブル推進都市」が募集されて、令和3年2月28日時点で、305の団体がパートナーとして参画している。これらの制度の充実により、ウォークビリティを向上する機運が、全国的に高まることが期待されている。現状では、「まちなか」のウォークビリティの向上が推奨されているが、本研究は、大阪都市圏周辺地域の *Sprawl Cluster* も、SDGs に向けて、ウォークビリティを向上する取組みが有効となる可能性を解明した。具体的なウォークブルデザインについて、実践の中から良い取組みが共有していく必要性がある。その一方、*Old New-Town Cluster* は、既存のウォークビリティの概念にとらわれない、新しい取組みの可能性について、今後研究していく必要性がある。