

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K21029

研究課題名（和文）コンパクトシティを目指した都市デザイン戦略のための都市構造評価指標の探究

研究課題名（英文）Exploring the Evaluation Index of Urban Structure for the Urban Design Strategy aimed at the Compact City

研究代表者

渡辺 俊（Watanabe, Shun）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：60212320

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、まずMetropolitan Form Analysisにおける指標に情報量損失最小化法を応用する事で、相対的人口集中地域(RDID)の抽出法を提案した。次に、過去との比較が可能な30都市（城下町）を対象に、街路ネットワーク構造を定量化する12指標を設定し、都市構造の歴史的変遷から見た都市の類型化を行った。さらに、3D都市モデル(PLATEAU)に着目し、ネットワーク中心性による都市構造評価手法であるUrban Network Analysisの各指標への適用を試みるとともに、総合設計制度を適用した建築物から受ける圧迫感・不快感をVRによる被験者実験を通じて定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

相対的人口集中地域(RDID)を計算するプログラムをGIS環境に構築するとともに、これを全国市区町村の5時点の人口データに適応して時系列的な推移と傾向を明らかにした。これらの結果は、社会工学commonsのデータバンクを通じて広く一般に公開した。また、文脈的に語られてきた城下町の都市空間変容について、ネットワーク構造の観点から定量的に明らかにした。さらに、PLATEAUとVRによる被験者実験の結果から、高容積率化が必ずしも圧迫感を誘発するものではなく、制度によって創出される公開空地を十分に設けることで、不快感は軽減することができることが示された。

研究成果の概要（英文）：In this study, we first proposed a method for extracting relative population concentration areas (RDIDs) by applying the information loss minimization method to the policentricity index in Metropolitan Form Analysis (MFA). Next, we set 12 indicators to quantify the street network structure for 30 cities (castle towns) that can be compared with the past, and attempted to categorize cities from the perspective of historical changes in urban structure. Furthermore, we focused on a 3D city model (PLATEAU) and attempted to apply Urban Network Analysis, an urban structure evaluation method based on network centrality, to each index, and also tried to reduce the feeling of pressure and discomfort experienced by buildings that apply the comprehensive design system. We clarified this quantitatively through experiments with VR subjects.

研究分野：都市計画・建築計画

キーワード：情報量損失最小化法 相対的人口集中地区 城下町 街路網 PLATEAU 総合設計制度 VR

1. 研究開始当初の背景

国土交通省は、急速に進む人口減少や切迫する巨大災害への対策として、“コンパクト+ネットワーク”をキーワードに基本戦略「国土のグランドデザイン 2050」をまとめている。これを踏まえた「地方創生」の具体化についても検討が進められており、地域の都市構造や社会構造の実態把握への重要性が高まっている。

呼応する様に、経済産業省と内閣官房のまち・ひと・しごと創生本部は、産業構造や人口動態、人の流れなどの官民ビッグデータを集約し可視化するツール RESAS を提供している。福岡県、国立研究開発法人建築研究所、日本都市計画学会都市構造評価特別委員会は、都市構造可視化計画として国勢調査や商業統計などを 3D グラフで表示する Web サイトを公開している。これらのツールは、GIS(地理情報システム)の専門知識がなくても既存の統計データを簡便に閲覧できるため、まちづくりの現場での合意形成の道具としても期待されている。しかし、“コンパクト+ネットワーク”に向けた検討を進めていく上では、これら町丁字単位あるいはメッシュ単位で集計された単純な統計データに基づく検討だけでは不十分であり、新たな指標が求められる。

一方で、海外では都市空間の新しい計量指標が提案されつつある。マサチューセッツ工科大学の Sevtsuk らは、最新のネットワーク分析手法を参考に、Urban Network Analysis (UNA)として 5 種類の計量指標 Reach, Gravity, Betweenness, Closeness, Straightness を提案している。シンガポール工科大学の Amindarbari らは、世界銀行との共同研究を通じて、Metropolitan Form Analysis (MFA)として 6 種類の計量指標 Coverage, Compactness, Discontiguity, Expandability, Polycentricity, Land-Use Mix を提案している。しかし、これらの指標は理論研究(数理モデル)として提案の域に留まっており、具体的に何を評価できるのかは明らかではない。

2. 研究の目的

本研究は、国内外の先進的研究において提案されてきた様々な指標について“コンパクト+ネットワーク”に向けた都市構造把握手法としての適用可能性に関する知見を得ることを目的とするとともに、新たに注目を集めている 3D 都市モデルを取り込んだ分析への展開を図る。

3. 研究の方法

本研究で行った内容は、主に以下の 3 点である。

(1) Metropolitan Form Analysis における Policentricity 指標に情報量損失最小化法を応用する事で、相対的人口集中地域(RDID)の抽出法について検討するとともに、RDID を用いて、1995 年から 2015 年までの期間について 5 年間隔 4 期間に分割し、各期間における全国 1719 の市町村の都市縮小傾向の変化を分析した。情報量損失最小化法とは、空間データを対象数値の大きさに基づいてクラス分けする際に、原データの持つ情報の劣化が最小となるように分類する方法である。

(2) 過去との比較が可能な 30 都市(城下町)を対象に、城下町絵図から独自に街路網を復元したデータと現在の街路網データを用いて、街路ネットワーク構造を定量化する 5 指標(平均エッジ長、指数、迂回度、媒介中心性の標準偏差、格子度)により、都市構造の歴史的変遷から見た都市の類型化を行った。指数とはエッジ数に対するノード数の割合であり、迂回度とは任意の 2 点間の移動がどれだけ直線的な移動に近いかを評価する指標であり、格子度とは Boeing

の研究で提唱された街路網がどれだけ格子状に広がっているかを評価する指標である。

(3) 国土交通省では Project PLATEAU が立ち上がり、CityGML を用いた 3D 都市モデルのビジュアルデータ整備が進み始めたことから、ネットワーク中心性による都市構造評価手法である Urban Network Analysis の各指標への PLATEAU の適用を試みた。また、東京都 23 区内の総合設計制度を適用した建築物から 13 事例を選定し、PLATEAU を用いて先行研究で提唱されてきた圧迫感指標(形態率・天空率など)を独自に作成したプログラムを用いて算出するとともに、総合設計制度と指定容積率による 2 つの詳細な 3D 都市モデルによる HMD を用いた 30 名の被験者実験の結果から、圧迫感指標と圧迫感評価・不快感評価との関係性を分析した。

4. 研究成果

(1) 本研究では各期間で都市構造変容を規定する際、各期間の前の年の人工データに基づき規定された RDID 領域を中心部、その外部を郊外部とみなし、前の年から 5 年後の年にかけての中心部・郊外部の人口増減に基づくその期間の都市構造変容を規定した。具体的には、都市化(絶対的集中)、都市化(相対的集中)、郊外化(相対的分散)、郊外化(絶対的分散)、逆都市化(絶対的分散)、逆都市化(相対的分散)、再都市化(相対的集中)、再都市化(絶対的集中)という 8 つの類型である。

各期間における各市町村の都市構造変容類型を図 1 に示す。

2000 年～2005 年の期間において絶対的分散の傾向(、)にある圏域が急増し、続く 2005 年～2010 年の期間では急減している様相が確認できる。これと対照的に再都市化の傾向(、)にある圏域は 2000 年～2005 年にて急減し、2005 年～2010 年の期間では急増している。2005 年～2010 年の期間以降も再都市化の傾向にある圏域の増加は続いている。また都市化の類型(、)も同期間で増加傾向にある。このことから全国の市町村は 2000 年～2005 年の期間以降は人口分布構造としては集中化(、)の方向に向かっていることが読み取れる。一方で 2005 年～2010 年以降の集中化傾向にある圏域の大半は「再都市化(相対的集中)」に属している。このことから人口比としての RDID の比重は高まりつつも多くの圏域の中心部の密度低下が続いていることが伺える。

以上より、全国的に人口比としての中心部への集中化傾向が確認できる。また大規模な圏域では絶対的集中の傾向を示す圏域の増加も見られる。一方、どの人口規模の市町村についても「再都市化(相対的集中)」の圏域数の増加が著しく、多くの市町村にて全域的な人口減少の下で中心部の人口比重が高まる傾向にあることが明らかとなった。

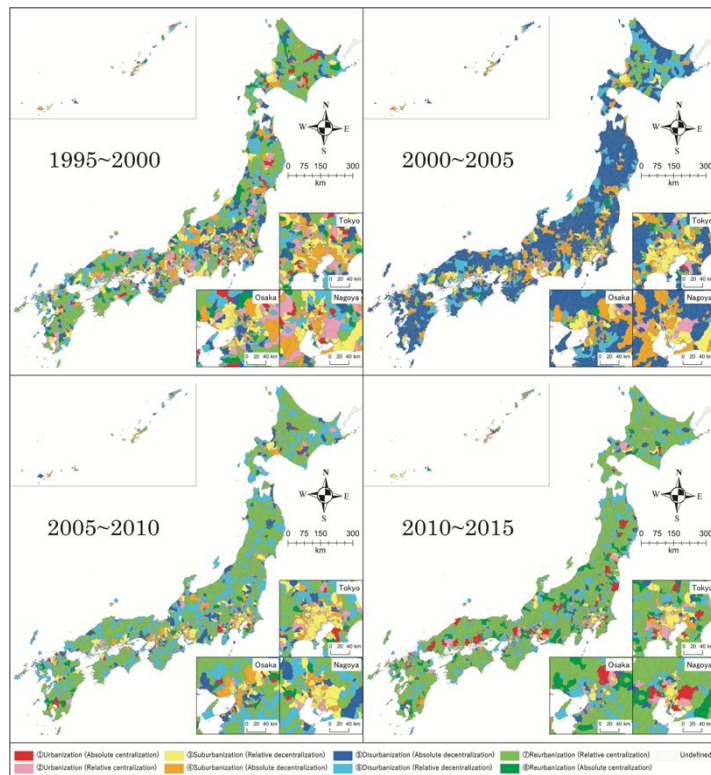


図 1 各期間における各市町村の都市構造変容類型

(2) 本研究の対象は、藩政期を通しておおむね 3 万石より大きい石高を有した城下町の中から、復元に用いる絵図の入手ができた 30 都市とし、作成年度が幕末期に近く、城下町の形状がなるべく正確かつ詳細に描かれているものを使用した。絵図を GIS 上で現在の地図に重ね合わせ、描かれている街路を基に復元を行った。絵図の幾何補正には、GIS のジオリファレンス機能を用い、城下町時代から現在に至るまで位置が変換していない地点(神社、街道、城郭の一部等)を基準点とすることで、絵図を現在の地図に重ね合わせた。現在の街路網は、2022 年度のゼンリン地図データを加工したもから、定めた城下域内の街路を抽出して城下町時代同様のネットワーク構造の評価を行った。

次に、5 つの指標(平均エッジ長、 指数、迂回度、媒介中心性の標準偏差、格子度)の城下町時代から現在に至るまでの値の変化率を都市毎にそれぞれを算出し、この変化率を用いて主成分分析を行い、低次元化し、得られた主成分(移動性能の変化度、形態の変化度)をもとにクラスター分析を行った結果、5 つに類型化された(図 2)。

類型 1「格子状展開型」は、移動性能の変化度と形態の変化度がそれぞれ正の値となっている。特に形態の変化度が比較的大きく、城下町時代の街路骨格となる引き込まれた主要街道が城下町内部で大きく屈曲した形態を持ち、新たな骨格街路を付加する事で近代化に対応してきた都市が多く属している。類型 2「移動性低下型」は、移動性能の変化度と形態の変化度がそれぞれ正の値となっている。特に、移動性能の変化度が比較的大きく、戦災復興等のために全く新しい都市骨格を整備して発展してきた都市が属している。類型 3「移動性向上型」は、移動性能の変化度が負の値、形態の変化度が正の値となっている。特に移動性能の変化度が比較的小さく、新たに加えられた街路骨格が城下町時代からの街路と混在せずに機能し、城下域内における移動性能が向上したと考えられる。類型 4

「拡散展開型」は、移動性能の変化度が正の値、形態の変化度が負の値となっている。特に形態の変化度が比較的小さく、様々な要因でそのまま城下町基盤を踏襲する事が難しいとされた都市が多く属している。類型 5「拡散展開移動性向上型」は、移動性能の変化度、形態の変化度がそれぞれ負の値となっている。そして 2 つの主成分が共に比較的小さく、城下町基盤を保持しながら発展してきた結果、城下域内の街路網が多方向に展開し、移動性能が向上したと考えられる。

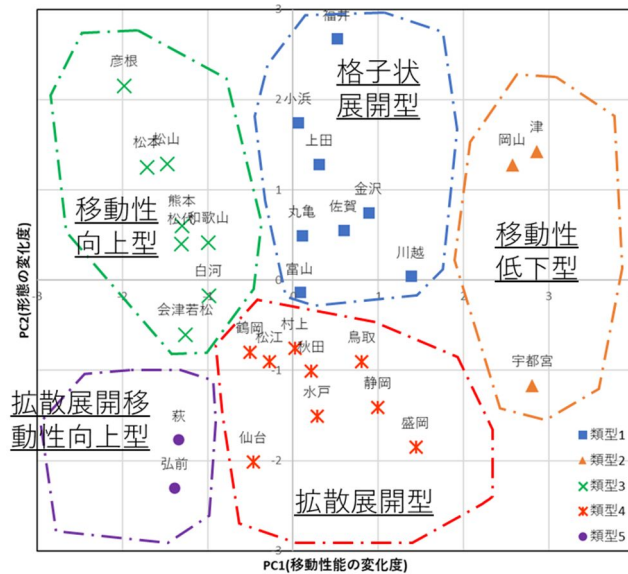


図 2 類型別の都市分布

(3) PLATEAU が採用した CityGML 形式は、様々な目的に利用できるように、都市を構成する個々のオブジェクトの意味を扱える“セマンティック情報モデル”として設計されている。その仕様は、オブジェクト指向分析のために提案された UML という記法によるダイアグラムを用いて定義されるとともに、形状情報に関して LOD の考え方を採用している。LOD は Level Of Detail の略で、必要に応じてモデルの詳細度を変更しようという考え方であり、LOD 1 は最も初歩的な箱モデル、LOD 2 では都市景観的な検討が可能なレベルまで、建物の概形が作りこまれたモデル、LOD 3 になると建物の外観を構成する窓やドアなどまでオブジェクトとして再現され、そし

で最も詳細な LOD4 では BIM モデルを念頭に置いている。ただし、セマンティックスの整備状況についてはまだ途上であり、LOD2 についても都心3区や、新宿、渋谷などの繁華街に限定されている。

都市構造評価手法である Urban Network Analysis では探索半径（距離）内にある建物の棟数あるいは総容積を Reach と定義し、それを基準に Betweenness（媒介中心性）や Closeness（近接中心性）などのネットワーク指標を再定義している。LOD2 のデータは、それまでに比べて正確な形状データが含まれているので、これまで不可能だった容積を用いた分析を試みた。ただし、現状ではあくまで建物全体の容積であるため、セマンティックスとして容積率のデータなどが整備されれば、より正確なシミュレーションが可能となるであろう。



図3 PLATEAU を活用した Reach の計算例

また、総合設計制度を適用した建築物から受ける圧迫感の検討では、ArcGIS pro を用いて形態率・立体角率等を算出し、3DCG ソフトと 3D 都市モデル PLATEAU にて VR 環境内に都市モデルを作成し、HMD を用いて実験を行ない、重回帰分析や相関分析及び検定により実験結果を分析・考察した。その結果、圧迫感を説明する指標である形態率・立体角率の説明力の高さが追証されたが、総合設計制度による建築物と通常の建築計画により建設された建築物から受ける圧迫感には、同程度の形態率の場合は有意な差は見られなかった。その一方で、不快感については、総合設計制度と通常の建築計画の間に優位差が見られ、総合設計制度による建築物は、通常の建築計画による建築物よりも不快感を感じにくいことが分かった。また、その傾向は圧迫感・形態率が大きくなるほど強まる傾向にあった。獲得容積率の大小が圧迫感に与える影響について、獲得容積率が 250% 以上では圧迫感が大きくなり、250% 以下では反対に圧迫感が小さくなる事例も見られた。この結果から、高容積率化が必ずしも圧迫感を誘発するものではないことが示された。

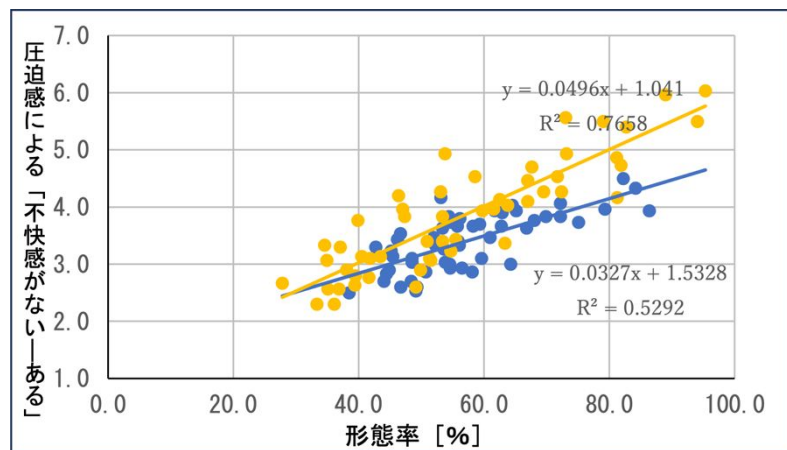


図4 タイプ別の形態率と不快感(青:総合設計制度 黄:指定容積率)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 宮下 開成、渡辺 俊	4. 巻 1
2. 論文標題 街路網の広がりから見た城下町の空間構成の変容に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第46回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 446 - 449
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高須賀 アマラ、渡辺 俊	4. 巻 1
2. 論文標題 都市の集約化が分散型エネルギーシステム導入に与える影響について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第46回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 468 - 471
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安井 悠人、渡辺 俊	4. 巻 1
2. 論文標題 総合設計制度による建築物が街路景観の印象に与える影響に関する研究 3D都市モデルPLATEAU及びVRを用いて	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第46回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 442 - 445
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮下開成、渡辺 俊	4. 巻 -
2. 論文標題 城下町の空間評価指標の検討とその適応に関する研究 街路網の広がりと変遷を対象として	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第45回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 90-93
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 高須賀アマラ、渡辺 俊	4. 巻 -
2. 論文標題 分散型エネルギーシステム導入の面でのコンパクトシティ政策の影響について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第45回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 313-316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 孫佳辰、渡辺 俊	4. 巻 -
2. 論文標題 中国旧市街地のゲートッドコミュニティの再生に関する研究 河南省鄭州市を事例として	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第45回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会	6. 最初と最後の頁 357-360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akihiro Kawabe and Shun Watanabe	4. 巻 4(3)
2. 論文標題 An analysis on urban shrinkage trends of all Japanese cities by detecting relative densely inhabited districts -Changes in urban form of Japanese cities in an era of shrinking population, part 2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review	6. 最初と最後の頁 482-494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12227	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 KAWABE Akihiro, WATANABE Shun	4. 巻 85
2. 論文標題 AN ANALYSIS ON URBAN SHRINKAGE TRENDS OF ALL JAPANESE CITIES VIA DETECTING RELATIVE DENSELY INHABITED DISTRICT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 997-1005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aija.85.997	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宮下開成・渡辺俊
2. 発表標題 街路網の広がりから見た城下町の空間構成の変容に関する研究
3. 学会等名 2023年度 日本建築学会大会(近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高須賀アマラ・渡辺俊
2. 発表標題 分散型エネルギーシステムの導入適性の地域差についての研究
3. 学会等名 2023年度 日本建築学会大会(近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井悠人・渡辺俊
2. 発表標題 総合設計制度による公開空地の可視性に関する研究
3. 学会等名 2023年度 日本建築学会大会(近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井悠人、小野尋、渡辺 俊
2. 発表標題 沖縄本島における大規模ショッピングセンターの選択要因と E コマースの影響に関する研究 ショッピングセンター選択時の直線距離と時間距離の違いに着目して
3. 学会等名 2022 年度日本建築学会大会（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高須賀アマラ、渡辺 俊
2. 発表標題 地上設置型太陽光パネルの立地の特徴 福島県西郷村を対象として
3. 学会等名 2022 年度日本建築学会大会（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 孫佳辰、渡辺 俊
2. 発表標題 中国旧市街地のゲーテイドコミュニティの再生に関する研究河南省鄭州市を事例として
3. 学会等名 2022 年度日本建築学会大会（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺 俊
2. 発表標題 3D都市モデルを活用したGIS教育の試行
3. 学会等名 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蘇佳路、渡辺俊
2. 発表標題 発達障害における方向感覚と空間認知の調査試行
3. 学会等名 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲葉智之・渡辺俊
2. 発表標題 小学校統廃合の実態と将来学区編成からみるスクールバス需要予測
3. 学会等名 2020年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平澤実紅・渡辺俊
2. 発表標題 つくば市の広場や街頭での演奏活動による地域活性化とその課題
3. 学会等名 2020年度日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲葉智之・渡辺俊
2. 発表標題 モビリティ技術活用による新しい児童通学スタイルの検証
3. 学会等名 日本建築学会 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤崎 西、渡辺 俊
2. 発表標題 景観計画下での事業所の景観配慮の実態 京都市を事例に
3. 学会等名 2020年度日本建築学会関東支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平澤実紅、渡辺 俊
2. 発表標題 つくば市の広場や街頭で演奏活動を行う際の課題
3. 学会等名 2020年度日本建築学会関東支部研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関