

歩道境界空間デザインを考慮した VR 歩行空間評価

守田 賢司¹・中村 一樹²

¹学生会員 名城大学理工学部 社会基盤デザイン工学科 (〒466-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)
E-mail:150448104@ccalumni.meijo-u.ac.jp

²正会員 名城大学准教授 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒466-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)
E-mail:knaka@meijo-u.ac.jp

道路の歩行空間には、歩行者の通行機能だけでなく、他の交通モードとの乗換機能、路上活動を誘発する滞留機能などがあり、これらは歩道における車道や建物との境界空間で多く見られる。しかし、歩行空間整備は個別の機能に注目し、お互いの機能の相互影響を考慮して行われているとはいえない。そこで、本研究では、国際的に多様な歩行空間を VR で評価することによって、歩道の建物側と道路側の境界空間のデザインが歩行空間評価に与える影響を分析する。まず、VR ツールを用いてケーススタディのデザイン評価と知覚的評価の実験調査を行う。そして、境界空間デザインがこれらの評価に与える影響を分析する。この結果、境界空間デザインは歩行空間評価に大きく影響し、その影響はデザイン要素や歩行ニーズによって異なることが明らかになった。

Key Words: VR, walkability, walk needs, international comparison

1. はじめに

モータリゼーション期において、道路開発は自動車利用を中心に行われてきたため、歩行者のための空間整備の優先度は低かった。日本でも、歩道整備は車両通行の障害にならないよう歩行者との接触を減らし、利便性と安全性の観点からそれぞれの通行空間を確保することが主に取り組みされてきた。しかし、近年の環境問題や人口減少・高齢化といった大きな社会ニーズの変化により、都市はコンパクト化を中心とした脱車依存のビジョンへと転換し、この中で歩行空間の役割が見直されつつある。

歩行空間を改善する上で重要なものの1つとして、人が歩きたくなる歩行空間を提供することが必要と考えられる。特に、歩行者の興味は、立ち止まる・座るといった滞留行動を伴う路上活動に惹き付けられることが示されている¹⁾。このような滞留行動は歩道の建物側の境界空間で起こる傾向があると言われているが、日本の道路では、ベンチ・オープンカフェなどの滞留機能を持つデザイン要素はまだ少ない。

一方で、近年の交通システムの変化も、歩行空間のデザインを変える可能性もある。自転車・車のシェアリングや自動運転の活用などの取り組みは、歩道と車道の境界空間で行われるもので、歩道の乗換機能の役割が大き

くなると考えられる。これには、路上での通行の利便性・安全性だけでなく、待合のための滞留の魅力の向上も必要となる。しかし、これらの歩行空間機能のニーズが高まるにつれ、歩行通行者、車両、路上活動の間の障害を引き起こし、機能間の相互影響が生じる可能性もある。従って、各機能に関する歩行空間のデザイン要素を、境界空間のデザインを考慮して、様々な歩行ニーズの観点から評価することが重要である。

このような歩行ニーズに関する歩行空間デザインの評価には、歩行における多様なニーズの経験が影響すると考えられる。日本における一般的な歩行空間整備は利便性と安全性を評価することは出来るが、滞留の魅力を評価するには適していないかもしれない。そのため、国内外の多様な歩行空間の経験が必要であるが、実際に評価したい海外の歩行空間を歩くことは現実的ではない。そこで、近年発展している視覚化技術として、VR ツールを用いることで、海外の歩行環境をより疑似的に体験することができると考えられる。例えば、360度の空間を動画で撮影できる360度カメラや、これを視界を仮想空間で覆われた環境で視聴できるヘッドマウントディスプレイ(HMD)は、一般的に入手可能になっている。VR ツールは都市計画の合意形成にも活用が検討されつつあり、評価ツールとしてだけでなく、

情報発信ツールとしても有効であると考えられる。

これらを踏まえ、本研究では、VR ツールを使用して、道路側と建物側の境界空間デザインが歩行空間評価へ与える影響を明らかにする。まず、国際的な歩行空間のケーススタディ地区のデザインを計測し、ケーススタディ地区におけるデザインの多様性を把握する。次に、VR ツールを用いて歩行空間デザイン評価の実験を行う。最後に、歩行空間デザイン評価と歩行ニーズ評価を比較して、歩行空間の境界デザインが歩行空間評価に与える影響を分析する

2. 文献レビュー

(1) 境界空間デザインの整理

まず、歩行空間デザイン評価の既往研究をレビューし、境界空間のデザインを考慮してデザイン要素を整理した。境界空間デザインの研究として、Gehl ら¹⁾は、人の関心を惹いて歩行空間に賑わいを生み出す要素として人の路上活動（アクティビティ）が重要だということを示している。アクティビティは、立つ、歩く、座る、の3つの行動を基本として行われており、この行動を基本に、飲食、買い物、会話などの様々なアクティビティが行われている。そして、アクティビティは大きく3つの活動に分けられる(図-1)。まず、1つ目の必要活動は、買い物や乗換えなど日常生活に必要な活動である。2つ目の任意活動は、散歩、ジョギング、椅子やベンチに腰を掛けて座るなど、人が任意で行う活動である。そして、3つ目の社会活動は、他者の存在が成立条件となる挨拶や会話などで、任意活動と必要活動に付随して起こる他者との活動である。そして、この3つを誘発するデザイン要素としてベンチ、露店やオープンカフェなどが挙げられている。これらは歩道の通行空間と建物側の境界空間である道の端（エッジ）に多くあり、人々はエッジ部分に溜まりやすいことが示されている。

また、より包括的な歩行空間デザインの研究として、

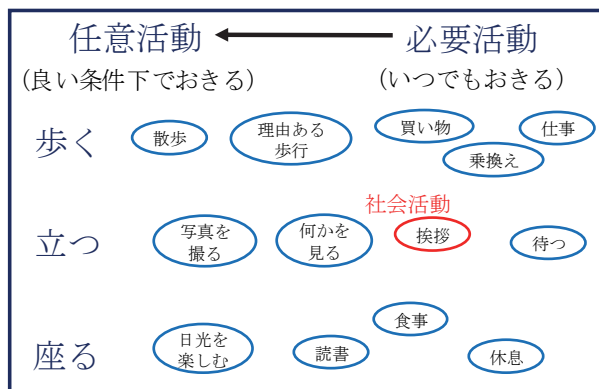


図-1 人のアクティビティの関係

Ewing ら²⁾は、アメリカの歩行空間の様々な事例に基づいて、デザイン要素を重要度別に整理している。ここでは、歩行空間の歩きやすさ（Walkability）を構成する主要素として、客観的デザイン要素、主観的デザイン要素、知覚的要素で整理している。その中で、客観的なデザインは、主観的に捉えられ、知覚的な歩行ニーズで評価されるとしている。歩行空間に最も重要なデザイン要素としては、土地利用（中高密度、用途混合の土地利用、ブロック短さ）、交通（車道レーン少なさ、安全な横断、バス停近さ）、歩道（連続した歩道）と、それらの境界空間デザイン（通りに適した建物、快適で安全な休憩場所、歩車道間の緩衝帯）を抽出している。しかし、これらのデザイン要素群の中での重要度の違いは見られていない。

国内の境界空間デザインを見ている研究として、建物側では、藤本ら³⁾らが、オープンカフェが周辺地区に与える影響を調査分析している。オープンカフェがオープンする前後の通行量と滞在時間を比較し、公共空間の商業活用に対しての周辺住民の評価を調査している。この結果、オープンカフェがあることで、平日の通行量は約1.4倍、休日の通行量は約3倍に増加し、店舗の滞留時間も30~40分となり、単なる通過交通量の増加だけでなく、人が滞留する効果が確認された。周辺住民の意識も、公共空間の商業活用に対して、約70%の人がオープンカフェ開業の方が良く、周囲の安全性の向上に繋がったと感じていることが明らかになった。

有馬ら⁴⁾は、商業地街路の空間特性、行動誘発要素、そしてアクティビティとの3つの関連を分析している。ここでは、商店街内の街路に面した店舗の入り口の開口部を、街路に面した部分が全て壁になっている店舗、壁がない店舗、全面がガラス張りになっている店舗、半部分がガラス張りになっており、残りは壁になっている店舗の4つのファザードタイプに分類した。そして、看板、ショーウィンド、ショーケース、テーブルやイス、立て看板、などを歩行者行動誘発要素として分類した。この結果、ファザードタイプ、行動誘発要素、アクティビティには関係があり、より開放的なファザードが購買活動のアクティビティを誘発することが示された。

道路側の境界空間デザインの研究として、谷口ら⁵⁾は商店街における自動車交通が歩行者に及ぼす心的影響をヒアリングアンケート調査から分析している。この結果、商店街の自動車規制時間帯がある歩行者天国では、歩きやすさ、雰囲気良さ、楽しさの主観的な歩行者の街路評価指標が、自動車規制されてない時間帯に比べ高い評価になった。ここでは、自動車の路上駐車が、歩行者にとっての歩きやすさ、雰囲気良さ、楽しさの3つの街路評価に否定的影響を及ぼしていた。そして、走行する自動車は路上駐車に比べて格段に否定的影響が強い

ことが示されている。また、自転車も自動車と同様に否定的影響を及ぼしていることが示された。

また、藤居ら⁹⁾は、低木、高木、歩者分離施設、歩道幅、歩道デザインの5つの景観要素が街路景観に対して与える影響をアンケート調査によるコンジョイント分析で評価している。この結果、街路の総合評価において、低木や高木などの街路樹の存在が街路景観に対して非常に高い評価を与えることが示された。特に、街路樹は、現代性、開放感、安らぎ感、爽快感の4つの評価因子の中で、安らぎ感に最も影響を与えることが示された。

その他にも、松本ら⁷⁾は、街路における空間特性と歩行速度の関係を分析した。この結果、開放的な空間等で歩行速度が遅くなり、魅力のある空間では歩行速度が遅くなることを示された。

以上のレビューから、既往研究では歩道の様々な境界空間のデザイン要素が歩行空間評価に与える影響を示していることが分かった。しかし、これらのデザイン要素を包括的に評価している研究は見られない。これらを踏まえて、本研究では、より包括的な歩行空間デザイン要素を分析対象とし、これらを建物、アクティビティ、歩道、設置物、車道、の5つの分類に分け、各要素に関するデザイン指標を整理した(表-1)。

表-1 本研究で使用するデザイン指標

建物	周りの建物の高さ 中の様子が見える施設 屋根の長さ
アクティビティ	ベンチ・オープンカフェ 露店 立ち止まる・座る人
歩道	歩道の幅 歩行量 明るさ
設置物	駐輪 緑・街路樹 電柱
車道	駐車 横断歩道の幅 交通量

(2) 歩行空間デザインの国際比較

歩行空間デザインは国や都市によって大きく異なり、特に、境界空間デザインは違いが大きいと考えられる。そこで本研究では、多様な歩行空間デザインを調査するため、名古屋、バンコク、ブリスベン、キャンベラの4つの都市の都心部中心駅周辺の大通りをケーススタディ地区として選んだ。これらの都市は、車依存度が高い大都市であるが、歩行空間の整備は大きく異なる。名古屋都心部は、デパートなどの高いビルが立ち並ぶ大通りを中心に整備され、この大通りの1つである栄駅周辺の久

屋大通りのルートを対象とした。バンコク都心部は、道路交通量が多く歩道整備は遅れているが、高架鉄道スカイトレインの沿線には駅と接続した商業施設が並んでおり、アソーク駅周辺の商業施設を出て裏通り(Soi)から大通へと通るルートを対象とした。ブリスベンは、欧米の都市と同様に歩行者専用ゾーンの商業地区が中心にあり、このゾーンを通るセントラル駅周辺のルートを対象とした。キャンベラは、より計画的に造られた都市ではあるが、軌道交通は少なく車中心であり、道路幅も歩道幅も広いのが特徴で、中心部シティ・ヒルの歩行者専用ゾーンに繋がるルートを対象とした(図-2)。

各ケーススタディ地区で、360度カメラを用いて歩行空間をVR動画を撮影した。各地区の歩行空間デザインの特徴を把握するため、まず、この動画情報から客観的なデザイン指標の比較を行った。指標の計測は、ルート上の複数地点の正面画像から行った。歩道幅や建物の高さなど、動画からの計測が難しいものは、Google Earth Proを用いて計測した。各指標値を標準化し、1~10の評価値に変換して分析した(図-3)。

この結果、名古屋では、主に道路側の境界空間に設置される駐輪や街路樹の値が大きく、一方で、海外都市では建物側との境界空間に多いアクティビティの値が大



図-2 各対象地区の歩行空間の様子

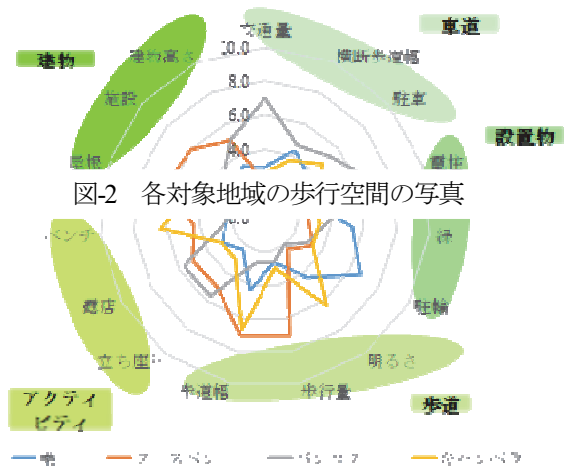


図-3 客観的評価のレーダーグラフの国際比較

きいことが示された。特に、バンコクとブリスベンでは、立ち止まる・座る人の数と露店の数の値が大きく、キャンベラでは、ベンチ・オープンカフェの値が大きい。しかし、バンコクでは、交通量や駐車などの道路のデザインの値も大きい。モータリゼーションが進むバンコクでも、歩道のアクティビティがブリスベンド同程度に多いことは興味深い。これらの結果から、分析対象地区における歩行空間デザインの多様性が確認された。

3. 歩行空間デザインの VR 評価実験

(1) 調査方法

本研究では、VR ツールを用いて歩行空間デザインの評価実験を、2018年11月13日～12月7日に名城大学の学生50名を対象に行った。各被験者の調査は、評価対象となる視聴動画の数と調査時間を考慮して、2日に分けて行った(図4)。1日目の調査は、まず被験者情報のアンケートを行い、名古屋、ブリスベンの評価を行った。2日目は、バンコクとキャンベラの評価を行った。

各調査日において、評価の前にVR動画に慣れてもらうため、対象地区以外の歩行空間のVR動画を1分間視聴してもらう。この理由は、VRに対する物珍しさや興味などから、最初に見たVR動画に対して、空間評価を過大評価してしまうことを防ぐためである。ただし、2日目は、VR動画に慣れてもらうと同時に前回の実験のイメージを思い出してもらうために、1回目の実験で視聴した栄地区のVR動画を視聴してもらう。評価においては、評価対象である栄、バンコク、ブリスベン、キャンベラの4つの地区のVR動画を、HMDを用いて視聴してもらった。各地区の評価は、評価区間を3つに区分し、各区間について評価した。被験者は、各地区の動画を視聴した後に、VR酔いを防ぐため休憩を行った。

歩行空間の評価としては、デザイン評価と歩行ニーズの知覚的評価のアンケートを回答してもらった。デザイン評価については、前章で示したデザイン要素の主観的デザイン指標として量的な印象を、10段階で評価した。

また、知覚的評価については、歩行ニーズの知覚的な指標として、利便性、安全性、快適性・楽しさについて、被験者が10段階で評価した(表-3)。これらの歩行ニーズは、利便性、安全性、快適性・楽しさの順で階層的な関係にあると言われている⁸⁾。

(2) 客観的評価と主観的評価の比較

本調査で得られた主観的な歩行空間デザイン評価の結果と、前章で示した客観的な評価の計測結果を比較した。この結果、4つの地区で共通して、客観的指標と主観的指標を比較すると差が大きいデザインが見られた。この傾向の1つとして、明るさ、歩行量、歩道幅などの、歩道のデザインに関する要素で、主観的評価が客観的評価より大きい結果となっている。この理由として、歩道のデザインは被験者から近い位置にある為、主観的評価により大きく影響を与えたと考えられる。この他にも、緑、建物、施設等でも、主観的評価が大きくなり、より印象に残るデザイン要素であることを示唆している。

一方で、アクティビティや駐車、電柱といった境界空間のデザイン要素については、主観的評価と客観的評価の差が小さかった。これらの結果は、緑のように印象が大きいものもあるが、歩道の境界空間デザインが、一般的に視覚的に大きな印象を与える訳ではないことを示し

表-3 知覚的評価の指標

利便性	移動が短く感じる
	移動の接続が良い
	移動の障害が少ない
	道がわかりやすい
安全性	横断の危険が少ない
	すれ違いの危険が少ない
	治安が良い
快適性	街並みが良い
	天候から保護されている
	くつろげる
楽しさ	賑わいがある
	個性的である
	親しみがわく

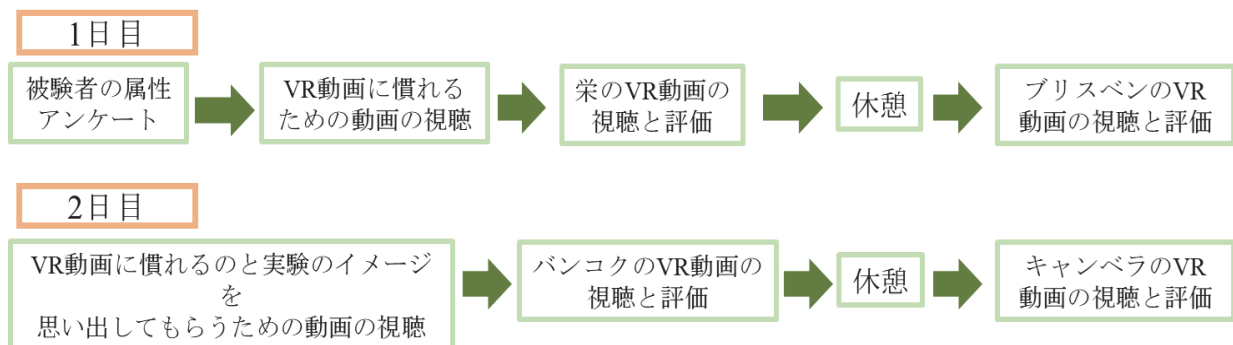


図4 VRを用いた歩行空間評価の実験調査フロー

ている。

4. 歩行空間評価の分析結果

(1) 歩行空間評価の国際比較

ケーススタディ地区における歩行空間評価の特徴を把握するため、デザインの主観的指標と歩行ニーズの知覚的評価を、ケーススタディ地区間で比較した(図-5)。この結果、名古屋と比較してバンコク、ブリスベン、キャンベラの海外都市では、デザイン評価ではアクティビティや建物の主観的評価が高く、歩行ニーズ評価では快適性や楽しさ、特に賑わいや個性的、の評価が高いことが分かった。ここでは、建物側のデザイン要素がより歩行の高次ニーズに影響することを示唆している。

一方で、バンコクでは、交通量、駐車、電柱等の道路側のデザインが多く、利便性や快適性といった低次ニーズの項目が低い結果となった。これは、道路側のデザイン要素が歩行の低次ニーズとより関係していることが考えられる。これらの結果から、デザイン評価と知覚的評価は対応している可能性があることが示された(図-5)。

(2) 境界空間デザインの評価

歩道の境界空間デザインが、歩行ニーズの知覚的評価に与える影響を分析するため、重回帰分析を行った。まず、説明変数を整理するため、15個のデザイン指標に対して因子分析を行った。この結果、歩道(施設、歩道幅、明るさ)、アクティビティ(ベンチ、露店、立ち・座り)、設置物(駐車、駐輪、電柱)、車道(横断歩道幅、交通量)の4因子と、歩行量、建物高さ、緑の3指標を説明変数とした。

そして、被説明変数を歩行ニーズの評価指標として、重回帰分析を行った。表4はこの結果で、表中の標準偏回帰係数が高いものに色付けをしている。この結果、歩行空間評価に影響が大きい指標として、歩道と歩行量に加え、境界空間デザインのアクティビティや設置物が含まれることが示された。

歩行ニーズによる影響の違いとして、歩道は利便性や安全性の低次ニーズにより影響するが、アクティビティと設置物は、快適性や楽しさの高次ニーズにより影響を与える結果となった。設置物は、障害物として快適性や安全性に負の影響が示されたが、利便性にも負の影響を与えており、乗り換えの観点からの評価は結果に表れなかった。

一方で、歩行量やアクティビティは、ニーズによって影響の方向が異なった。歩行量は、高次ニーズの楽しさには正の影響を与えるが、それ以外のより低次な安全性や快適性のニーズへ負の影響を与える。これは、賑わい

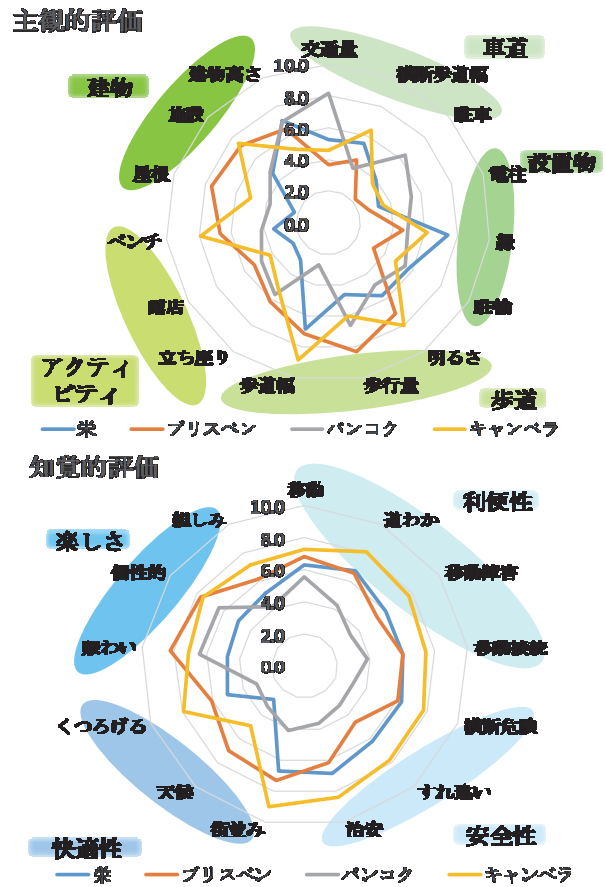


図-5 主観的評価と知覚的評価のレーダーグラフ

表4 重回帰分析の結果

目的変数	利便性		安全性		快適性		楽しさ	
	B	T値	B	T値	B	T値	B	T値
歩道	0.67**	27.35	0.56**	22.26	0.51**	20.28	0.20**	7.53
アクティビティ	—	—	-0.08**	-3.19	0.22**	8.52	0.49**	18.35
設置物	-0.19**	-7.33	-0.22**	-8.31	-0.32**	-12.12	-0.13**	-4.85
車道	—	—	-0.09**	-3.48	-0.06*	-2.17	—	—
歩行量	—	—	-0.27**	-10.19	-0.12**	-4.33	0.31**	11.33
建物高さ	0.05*	2.05	0.11**	3.85	0.09**	3.33	0.07*	2.52
緑	0.10**	3.78	0.08**	3.18	0.13**	4.97	—	—
R ²	0.60		0.59		0.58		0.54	
サンプル数	600							

B:標準偏回帰係数 *p<0.05, **p<0.01

と障害の両面の観点から評価されたことを示している。同様に、アクティビティは、快適性と楽しさに正の影響を与え、安全性には負の影響を与えた。これらの結果から、境界空間のデザイン要素が、複数の空間機能に異なる影響を与えていることが示された。

5. 結論

本研究では、歩道の境界空間デザインを考慮して、歩行空間デザインの VR 評価を行った。名古屋、バンコク、ブリスベン、キャンベラの4つの都市の歩行空間のデザイン指標を国際比較した結果、日本と比較すると海外の

都市では、建物側の境界空間でより見られるデザイン要素として、アクティビティが多いことが明らかになった。一方で、バンコクでは、道路側の境界空間デザインとして交通量や駐車も多く、モータリゼーションとアクティビティの共存が特徴的であると言える。

また、VR ツールを用いて歩行空間デザインを評価した結果、デザイン要素の主観的評価は客観的評価より高くなるものがあるものの、境界空間のデザイン要素の多くは大きく変わらないことが示された。これは、境界空間デザインは視覚的な印象が特に強い要素ではないことを意味する。

さらに、歩行空間デザインの主観的評価と歩行ニーズの知覚的評価の関係を分析した結果、境界空間デザインと歩行ニーズには関係があることが分かった。ここでは、境界空間デザイン要素が他のデザイン要素と比べて歩行ニーズ評価に与える影響が大きく、特に快適性や楽しさといった高次ニーズにより影響を与えることが明らかになった。また、アクティビティは、歩行ニーズによって影響を与える正負の向きが異なり、歩行空間デザインの機能間の影響を表すことが出来た。

これらを踏まえ、本研究で分析した境界空間デザインが包括的な歩行ニーズに与える影響を考慮した歩行空間評価モデルは、複数の空間機能が共存できる歩行空間整備の検討に有用であると考えられる。また、このような包括的なニーズを評価する上で、国内外の多様な歩行空間を疑似体験出来る VR 技術の活用は、今後の計画ツールとして潜在性が高いと期待される。

マート交通戦略) の支援により実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Jan Gehl・Birgitte Svarre : How to study public life, pp.70, 100, 2013
- 2) Reid Ewing・Keith Bartholomew : Pedestrian-and-oriented Design, Urban Land Institute, pp.10-54, 2013
- 3) 藤本和夫・嘉名光市・赤崎弘平 : 公共空間を利用したオープンカフェの利用実態と住民意識に関する研究-広島市京橋河川岸のケーススタディ-, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.43-3, pp.619-624, 2008.
- 4) 有馬隆文・大木健人・出口敦・坂井猛: 商業地街路における行動誘発要素と歩行者のアクティビティに関する基礎的研究-五感を刺激する商業地デザインと来訪者のアクティビティ (その 1) -, 日本建築学会計画系論文集, No.623, pp.177-182, 2008.
- 5) 谷口綾子・香川太郎・藤井聡 : 商店街における自動車交通が歩行者に及ぼす心的影響分析, 土木計画論文集 D, No.3, pp.329-335, 2009.
- 6) 藤居良夫・酒井裕一 : 街路景観評価に関する因果関係の分析, 日本都市計画学会学術論文集, No.175, pp.1045-1050, 2002.
- 7) 松本直司・清田信也・伊藤美穂 : 街路空間特性と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集, No.640, pp.1371-1377, 2009.
- 8) Alfonzo, M.: To walk or not to walk; The hierarchy of walking needs, Environment and Behaviour, Vol. 37, pp.808-836, 2005

(2019. 3. 10 受付)

謝辞 : 本研究は、JST easia Joint Research Program (研究課題 : スマートライフを実現する知的統合交通) と、JST/JICA SATREPS (研究課題 : Thailand4.0 を実現するス

Walkability Evaluation with VR for Street Boundary-Space Design

Kenji MORITA, Kazuki NAKAMURA

There are several spatial functions in walking space such as walking space of pedestrians, transfer space with other transport modes, staying space triggering activity to stop and sit. However, it is hard to say that street improvements of walking space take account of mutual influences of the multiple functions for pedestrians. Therefore, this research analyzes the influence of the design of boundary spaces between land use side on street and the road side on walkability evaluation, by evaluating internationally diverse walking spaces with VR. First, using the VR tool, the experiment of design evaluation and perceptual evaluation of the case study is conducted. After that, the influences of the street design of boundary spaces on the perceptual evaluation is analyzed. As a result, the boundary design of the walking space has influence on the walking evaluation, and it became clear that the design factor differently affects the multiple walking needs.