



Title	都市の公共空間性能を評価する共創型AIの開発
Author(s)	曾， 翰洋
Citation	大阪大学， 2026， 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105470
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (曾 翰 洋)

論文題名 都市の公共空間性能を評価する共創型AIの開発

論文内容の要旨

近年、都市の公共空間においては機能性に加え、空間そのものが持つ意味や価値が重要となっている。この潮流のもと、人々の健康や多様な活動を支える空間の質の向上に向けて、歩行環境の改善や滞留可能な公共空間の整備が世界的に進められている。従来、公共空間の質的評価は専門家の判断に依存しており、公共空間の利用者や管理者など多様な主体の経験を十分に反映できていないという課題が存在している。この課題解決には、空間に対する印象や主観評価に基づいて空間の質を定量評価する汎用的な手法が求められる。深層学習をはじめとするAI技術の発展は、この空間の質的評価への新たな可能性を開いている。本研究では、公共空間に対する人々の印象や活動と、物理的要素の空間構成パターンとの対応関係として表出される空間の質的特性を「公共空間性能」と定義する。この空間性能を定量評価するため、多様な人々の主観評価と空間画像を対応づけ、深層学習によりその関係性を学習した評価モデルと、XAI（説明可能なAI）による評価根拠の可視化手法を構築した。このAIと人の協働による空間評価の枠組みを、関係者間の価値共創に資する「共創型AI」として提案する。その具体的な方法論としてAI and Human Co-operative Evaluation (AIHCE) を、段階的な深化と実践的適用を通じて開発した。本論文は以下の7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的および論文の構成について述べた。

第2章では、AIHCEの概念的枠組みと基本手法を構築した。都市の公共空間性能として、Walkability（歩きやすさ）、Lingerability（居心地良さ）、Vibrancy（賑わい）の3つの階層的指標を設定した。これらの評価に向けて、空間の視覚的特徴と主観的印象を対応づける「画像判定法」と、歩行者の表情から感情を推定する「表情判定法」を開発し、両手法の統合的分析を行った。その結果、画像判定法によるLingerabilityは空間の持続的な印象と快・非覚醒感情を評価するのに対し、表情判定法では、表情という身体的反応に基づき、覚醒的な感情変化に敏感に反応する瞬間的な感情反応を捉えることを示した。両者の統合により、公共空間性能の多層性を評価する基礎的なAIモデルを構築した。

第3章では、学習データ数の限界による画像認識AIモデルの安定性の問題を解決するため、事前学習済みモデルであるVGG16に対してファインチューニングを適用し、WalkabilityとLingerabilityの2指標による画像判定法の高精度化と評価の安定化を図った。開発したAIモデルを国内複数都市の歩行空間に適用し、空間性能を評価するとともに、Grad-CAMによりAIの評価根拠となる空間要素を可視化した。その結果、ファインチューニングにより空間全体の構造的・質的特徴を捉える特徴抽出が可能となり、評価根拠の解釈性が向上した。

第4章では、主観評価の多様性に対応するため、ソフトラベルによるラベル分布学習を導入した。人の多様な主観評価の分布をAIに学習させることで、評価のばらつきをノイズではなく有効な情報として捉えるAIモデルを構築した。ハードラベリングモデルとの比較により、ソフトラベリングが評価者間の意見の多様性を反映しつつ分類精度を向上させることを検証し、都市の水辺空間への適用を通じて、空間改善に資する知見を提示できることを示した。

第5章では、視覚情報に聴覚情報を統合したマルチモーダルAIモデルを開発した。視聴覚統合モデルは単独モデルを上回る推定精度を達成し、都市の環境音と空間性能の関係分析から、Lingerabilityが低い区間では交通音が支配的である一方、高い区間では自然音や活動音の割合が増加することを明らかにした。感度分析を通じて音環境が空間評価に及ぼす影響を確認し、より人間の知覚プロセスに近い包括的な評価手法を構築した。

第6章では、AIHCEを都市・交通が直面する3つの実践的課題に適用し、その有効性を検証した。神戸三宮では、公共空間性能と歩行速度データの対応から「スローネス性能指標」を定義し、スローな移動を支える空間の連続性や、ファストルートとスロールートが併存する街路ネットワークの必要性を導出した。バンコクでは、公共空間性能を経路選択モデルに組み込み、物理的距離では捉えきれない心理的快適性を反映したアクセシビリティ評価を実現した。大阪堺筋では、3Dモデリング技術をAIHCEに組み込み、道路空間再配分シナリオの効果を評価した。Walkability向上には歩道拡幅が、Lingerability向上には利便増進施設の設置が有効であり、通行機能と滞留機能の両立可能性を示した。

第7章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の展望を提示し、本研究の結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (曾 翰 洋)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	土井 健司
	副 査	教 授	紀伊 雅敦
	副 査	准教授	飯田 克弘

論文審査の結果の要旨

近年、都市の公共空間においては機能性に加え、空間そのものが持つ意味や価値が重要となっている。この潮流のもと、人々の健康や多様な活動を支える空間の質の向上に向けて、歩行環境の改善や滞留可能な公共空間の整備が世界的に進められている。従来、公共空間の質的評価は専門家の判断に依存しており、公共空間の利用者や管理者など多様な主体の経験を十分に反映できていないという課題が存在している。この課題解決には、空間に対する印象や主観評価に基づいて空間の質を定量評価する汎用的な手法が求められる。深層学習をはじめとする AI 技術の発展は、この空間の質的評価への新たな可能性を開いている。本研究では、公共空間に対する人々の印象や活動と、物理的要素の空間構成パターンとの対応関係として表出される空間の質的特性を「公共空間性能」と定義している。空間性能を定量評価するため、多様な人々の主観評価と空間画像を対応づけ、深層学習によりその関係性を学習した評価モデルと、XAI（説明可能な AI）による評価根拠の可視化手法を構築している。この AI と人の協働による空間評価の枠組みを、関係者間の価値共創に資する「共創型 AI」として提案している。その具体的な方法論として AI and Human Co-operative Evaluation（AIHCE）を、段階的な深化と実践的適用を通じて開発している。本論文は以下の 7 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的および論文の構成について述べている。

第 2 章では、AIHCE の概念的枠組みと基本手法を構築している。都市の公共空間性能として、Walkability（歩きやすさ）、Lingerability（居心地良さ）、Vibrancy（賑わい）の 3 つの階層的指標を設定している。これらの評価に向けて、空間の視覚的特徴と主観的印象を対応づける「画像判定法」と、歩行者の表情から感情を推定する「表情判定法」を開発し、両手法の統合的分析を行っている。その結果、画像判定法による Lingerability は空間の持続的な印象と快・非覚醒感情を評価するのに対し、表情判定法では、表情という身体的反応に基づき、覚醒的な感情変化に敏感に反応する瞬間的な感情反応を捉えることを示している。両者の統合により、公共空間性能の多層性を評価する基礎的な AI モデルを構築している。

第 3 章では、学習データ数の限界による画像認識 AI モデルの安定性の問題を解決するため、事前学習済みモデルである VGG16 に対してファインチューニングを適用し、Walkability と Lingerability の 2 指標による画像判定法の高精度化と評価の安定化を図っている。開発した AI モデルを国内複数都市の歩行空間に適用し、空間性能を評価するとともに、Grad-CAM により AI の評価根拠となる空間要素を可視化している。その結果、ファインチューニングにより空間全体の構造的・質的特徴を捉える特徴抽出が可能となり、評価根拠の解釈性が向上している。

第 4 章では、主観評価の多様性に対応するため、ソフトラベルによるラベル分布学習を導入している。人の多様な主観評価の分布を AI に学習させることで、評価のばらつきをノイズではなく有効な情報として捉える AI モデルを構築している。ハードラベリングモデルとの比較により、ソフトラベリングが評価者間の意見の多様性を反映しつつ、分類

精度を向上させることを検証し、都市の水辺空間への適用を通じて、空間改善に資する知見を提示できることを示している。

第5章では、視覚情報に聴覚情報を統合したマルチモーダルAIモデルを開発している。視聴覚統合モデルは単独モデルを上回る推定精度を達成し、都市の環境音と空間性能の関係分析から、Lingerabilityが低い区間では交通音が支配的である一方、高い区間では自然音や活動音の割合が増加することを明らかにしている。感度分析を通じて音環境が空間評価に及ぼす影響を確認し、より人間の知覚プロセスに近い包括的な評価手法を構築している。

第6章では、AIHCEを都市・交通が直面する3つの実践的課題に適用し、その有効性を検証している。神戸三宮では、公共空間性能と歩行速度データの対応から「スローネス性能指標」を定義し、スローな移動を支える空間の連続性や、ファストルートとスロールートが併存する街路ネットワークの必要性を導出している。バンコクでは、公共空間性能を経路選択モデルに組み込み、物理的距離では捉えきれない心理的快適性を反映したアクセシビリティ評価を実現している。大阪堺筋では、3Dモデリング技術をAIHCEに組み込み、道路空間再配分シナリオの効果を評価している。Walkability向上には歩道拡幅が、Lingerability向上には利便増進施設の設置が有効であり、通行機能と滞留機能の両立可能性を示している。

第7章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の展望を提示し、本研究の結論としている。

以上のように、本論文は、都市の公共空間性能を定量評価するための共創型AIの枠組みを方法論的かつ実証的に構築し、深層学習をベースとしたAIと人の協働による空間評価手法であるAIHCEを段階的に発展させている。方法論の構築、ファインチューニングによる評価精度と解釈性の向上、ソフトラベル学習による主観評価の多様性への対応、視聴覚統合マルチモーダルモデルの開発といった多角的な技術的深化を通じて、多面的な空間評価手法を確立している。さらに、歩行速度データとの対応によるスローネス性能指標の提案、経路選択モデルへの空間性能に基づく心理抵抗指標の組み込み、3Dモデリングを用いた道路空間再配分シナリオ評価など、都市・交通計画における実践的適用を通じて、空間の質的評価研究および都市計画分野の発展に寄与しており、学術的価値のみならず実践的な意義も高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。