

2025 年度

博 士 学 位 論 文

内容の要旨および
審査結果の要旨

第 3 9 号

(2025 年 9 月授与)

北九州市立大学大学院
国際環境工学研究科

目 次

学位の種類	学位番号	氏 名	頁
博士(工学)	甲第 308 号	胡 亚杰 (コ アケツ)	1
博士(工学)	甲第 309 号	NITA CITRASARI (ニタ チトラサリ)	6
博士(学術)	甲第 132 号	MAI NGOC CHAU (マイ ゴ`チャウ)	9
博士(工学)	甲第 310 号	MUHAMMAD MAARIJ HARFADLI (ムアマシト` マーライジ` ハーフアド`リ)	13
博士(工学)	甲第 311 号	李 博一 (リ ハクイチ)	16
博士(工学)	甲第 312 号	王 晓启 (オウ キョウケイ)	20
博士(工学)	甲第 313 号	姜 妍 (キョウ ケン)	24
博士(工学)	甲第 314 号	王 振宇 (オウ シンウ)	28
博士(工学)	甲第 315 号	郝 奇 (ハオ チイ)	31
博士(工学)	甲第 316 号	刘 元昊 (リウ エンハオ)	34
博士(工学)	甲第 317 号	王 梦寒 (オウ ムカン)	39
博士(工学)	甲第 318 号	何 帆 (カ ハン)	42
博士(工学)	甲第 319 号	许 士朋 (キョ シホウ)	46
博士(工学)	甲第 320 号	黄 功虎 (コウ コ`ンホウ)	51

博士(工学)	甲第 321 号	施 静 (シ セイ)	56
博士(工学)	甲第 322 号	姫 彤彤 (ジ ー トントン)	61
博士(工学)	甲第 323 号	周 月 (シュウ ゲツ)	65
博士(工学)	甲第 324 号	徐 沐荣 (ジョ モクエイ)	68
博士(工学)	甲第 325 号	张 安安 (チョウ アンアン)	71
博士(工学)	甲第 326 号	张 天阳 (チョウ テンヤン)	75
博士(工学)	甲第 327 号	田 蕾 (ティエン レイ)	80
博士(工学)	甲第 328 号	毕 康 (ヒ ー コウ)	84
博士(工学)	甲第 329 号	李 珊珊 (リ サンサン)	89
博士(工学)	甲第 330 号	刘 科 (リュウ カ)	92
博士(工学)	甲第 331 号	罗 宇 (ルオ ユー)	95
博士(工学)	甲第 332 号	ROMI BRAMANTYO MARGONO (ロミ ブラマンティオ マーゴノ)	99
博士(工学)	甲第 333 号	王 超 (ワン チャオウ)	102
博士(工学)	甲第 334 号	曾 倩 (ソウ ケン)	105
博士(工学)	甲第 335 号	金 武 (キン ウ)	110
博士(工学)	甲第 336 号	冯 维佳 (フン イカ)	114
博士(工学)	甲第 337 号	孟 雨萌 (ムン ユイムン)	118
博士(工学)	甲第 338 号	西村 拓真 (ニシムラ タクマ)	121

博士(工学)	甲第 339 号	SANGCHAROEN RUTRAWEE (センチャロン ルットラウイー)	125
博士(学術)	甲第 133 号	陈 诗逸 (チン シイツ)	129
博士(工学)	甲第 340 号	周 海宁 (ジ ョウ ハイニン)	133

フリガナ 氏名（本籍）	コ アケツ 胡 亚杰（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 0 8 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	<p>Systematic Analysis of Electric Vehicle Adoption Impact in China under the Carbon Neutrality Scenario: Evaluation of V2X Benefits and Metal Recycling Strategies</p> <p>（中国におけるカーボンニュートラルシナリオ下での電気自動車の普及影響の体系的分析：V2X の便益と金属リサイクル戦略の評価）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>主 査 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 岡田 伸廣 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p>

論文内容の要旨

Over the past few decades, rapid industrialization and economic expansion have made development heavily dependent on fossil fuels. This has resulted in severe environmental pollution and intensified climate change. In the face of escalating global warming, transitioning to cleaner energy sources has become an international imperative. The transportation sector plays a pivotal role in achieving carbon neutrality, as it is the second-largest contributor to global carbon emissions, accounting for approximately 26% of total emissions. Electrification is considered a particularly critical pathway for decarbonizing this sector. China currently holds the largest electric vehicle fleet in the world, and electrified transportation plays a vital role in the country's strategy to achieve carbon neutrality. The rapid adoption of EVs facilitates a shift toward cleaner mobility and lays the foundation for the deep integration of transportation and energy systems. As the share of renewable energy grows and the demand for grid flexibility increases, EVs, functioning as mobile energy storage units, have significant potential to participate in power system regulation. This potential underscores their strategic value in distributed energy management and in enhancing system resilience. In this context, as the EV market enters a stock-driven phase, most EVs are equipped with high-capacity batteries. However, the flexibility potential embedded in these batteries during idle periods has yet to be systematically explored and effectively utilized. It is imperative to unlock this latent capacity through V2X integration and other coordinated approaches, in order to build a diversified and synergistic energy utilization system that supports the low-carbon and flexible transformation of the power sector. Meanwhile, the rapid growth of electric vehicles has significantly increased the demand for critical metals, particularly lithium, cobalt, and nickel. This has heightened China's supply risks for these metals and created a major obstacle to the sustainable development of the EV industry. Based on the aforementioned development context of EVs, this study systematically addresses the energy system pressures and resource sustainability challenges resulting from the rapid growth of the EV sector. Focusing on China's future EV development pathways under the carbon neutrality target, a predictive model for market expansion under carbon-neutral scenarios is constructed by thoroughly identifying trends in EV ownership growth. The feasibility of utilizing idle EV batteries as distributed energy storage units to participate in power system regulation is evaluated. Additionally, the study explores the integrated role and potential benefits of EVs in enhancing energy system flexibility,

strengthening system resilience, and promoting coordinated development across the transportation, energy, and environmental sectors. Regarding the recycling of critical metal resources from retired power batteries, a closed-loop recycling system model is developed, targeting future resource demand scales. This model analyzes the potential for recovering resources and the environmental performance under various technological pathways and recycling rate scenarios. Based on these analyses, the study proposes recommendations for recycled material content standards tailored to China's national conditions, providing strategic support for the green and low-carbon transformation of the battery manufacturing industry.

This study focuses on EV power batteries and centers on the core topic of evaluating China's future EV development pathways under the carbon neutrality goal. A comprehensive research framework consisting of growth trend identification, potential forecasting, policy evaluation, and system benefit analysis is constructed. By integrating methods such as the Logistic diffusion model, Weibull distribution, dynamic MFA, LCA, and scenario simulation, this paper investigates key issues including the development scale of China's EV power batteries, potential of V2X applications, energy-economic-environmental benefits of V2X, the potential for critical metal recycling, and the standards for recycled content in China's battery manufacturing industry. The main contributions are as follows: (1) EV Development Scale Forecasting: Based on the Logistic diffusion model and considering power battery technology upgrades, this study employs dynamic MFA to forecast China's EV market scale from 2015 to 2060, revealing the long-term growth trajectory and resource flow characteristics from a systemic perspective. (2) V2X Application Potential and System Benefit Assessment: Against the backdrop of EVs entering a stock phase, the paper analyzes the potential of V2X applications under various operational modes, grounded in typical Chinese travel patterns. It further evaluates the long-term system benefits of V2X in energy regulation, economic returns, and environmental impacts, and discusses its support for achieving national transportation sector emission reduction targets.

(3) Critical Material Recycling Potential and Environmental Benefit Analysis: From a circular economy perspective, a multi-scenario analysis framework is developed to assess production demands and recycling potentials of critical materials such as lithium, cobalt, and nickel under future EV battery development trends. The study quantitatively evaluates the comprehensive environmental benefits of recycling, offering new insights and strategic recommendations to alleviate resource supply-demand conflicts. (4) Recycled

Material Standards and Policy Response Analysis: In response to the EU's new battery regulation mandating recycled content, this paper evaluates achievable recycled material content standards in China's battery industry under multiple future scenarios. Technical pathways to improve resource utilization efficiency are proposed, providing policy references to reduce trade and compliance risks in EV exports and to promote green industrial transformation. In summary, this paper simulates EV development trends under carbon neutrality scenarios, providing theoretical support for the integrated development of transportation and energy systems. In the face of rising global geopolitical uncertainties, escalating trade frictions, and supply chain instability, the research offers practical guidance and strategic insights for enhancing the resilience of China's EV industry chain, mitigating critical resource supply-demand tensions, and reducing policy and compliance risks in international EV markets.

論文審査の結果の要旨

世界最大の電気自動車(EV)保有台数を誇る中国では、EVの普及が急速に進み、カーボンニュートラル戦略の核心的な要素となっている。この傾向は、再生可能エネルギーの普及促進や電力網の柔軟性向上に寄与する一方で、バッテリーの未活用ポテンシャルや、重要金属の需要拡大に伴う資源制約といった新たな課題も生じている。このような背景のもと、本研究は中国のEV開発について、①EV市場の将来規模の予測、②V2X(vehicle to X)技術を活用した分散型エネルギー資源(DER)の活用によるシステム評価、③使用済みバッテリーからの重要金属リサイクル戦略について検討したものである。

本論文は6章で構成されている。第1章では、研究の背景、目的、意義を概説し、研究枠組み、方法論的アプローチ、データソースを提示している。第2章では、カーボンニュートラルシナリオ下でのEV市場予測、バッテリー技術動向、寿命分布モデル、V2X応用、重要金属リサイクルに関する既存の文献をレビューし、本研究の独自性と位置付けを明確にしている。第3章では、中国のEV普及状況と技術進歩を分析し、ロジスティック拡散モデルと動的物質フロー分析(MFA)を用いて、2060年までの市場成長軌跡と資源フロー特性を予測している。第4章では、中国の典型的な移動パターンに基づくV2X運用シナリオを構築し、経済的利益と環境影響低減の観点からシステムの長期的な利益を定量的に評価している。第5章では、バッテリー開発シナリオ下でのリチウム、コバルト、ニッケル等の金属の需給見通しと回収可能性を分析している。また、EUのバッテリー規制に基づき、中国向けの再利用可能な材料の基準を提案し、関連する環境影響を評価している。第6章では、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、中国におけるEVの普及拡大の予測とその影響を検討するために、普及予測モデル、エネルギーシステム分析、資源回収に関する予測モデルの開発と適用を行ったものである。本研究の成果は、世界的に普及が予想されるEVの環境面の影響を検討するための新たな知見として、その新規性・有用性を高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ニタ チトサリ NITA CITRASARI（インドネシア）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第309号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Estimation of Methane Emissions from Landfills and Mitigation Strategies in Indonesia（インドネシアにおける廃棄物埋立施設からのメタン排出量の推計と緩和策）
論 文 審 査 委 員	主 査 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）） 審査委員 陶山 裕樹 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Landfill methane emissions are a significant source of greenhouse gases in Indonesia; however, their estimation, monitoring, and mitigation remain fragmented. This study systematically assesses methane emissions from Indonesian landfills and proposes strategies to improve inventory accuracy and control. National landfill data from the SIPSN database (341 sites) were analyzed using descriptive statistics to characterize site types, waste composition, disposal practices, and gas-management practices. A systematic review of studies published between 2008 and 2025 compiled existing emission estimates and mitigation practices. For two representative landfills, Griyomulyo and Sekoto, methane emissions were quantified using four models: IPCC FOD, LandGEM, Afvalzorg, and the Thailand Model. These models were applied using local data on DOC, L_0 , and k values, and their results were compared with direct flux measurements obtained from static chambers. Trendline regressions and ANOVA tests were used to evaluate model fit and sensitivity, and a regional k -value database was developed from precipitation data collected across 164 meteorological stations. Methane dispersion was simulated using AERMOD with ERA5 meteorological inputs and geospatially analyzed to delineate high-exposure zones. A thematic literature review synthesised global and national guidance on capture and flaring technologies to inform policy recommendations. Modelled outputs for Griyomulyo and Sekoto ranged from 6,414 to 9,952 Mg/year, whereas field measurements at Griyomulyo were only 47.65 Mg/year, highlighting the need for site-specific factors. The k -value database grouped Indonesia into three climatic zones, supporting more spatially relevant modeling. AERMOD simulations revealed methane plumes extending up to 24,194 ha and concentrations exceeding 90,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, affecting up to eleven villages. Nationally, with 63% of waste biodegradable and 84.7% of sites lacking gas capture, some facilities emit over 100,000 Mg/year and have experienced methane-related fires. Despite destruction efficiencies above 99 %, adoption of capture and flaring technologies is limited by cost, technical capacity, and regulatory gaps. Transitioning to sanitary landfills with gas capture and energy recovery, integrating local emission factors, enhancing data systems, and strengthening policies are crucial to reducing methane emissions and aligning with Indonesia's climate goals.

論文審査の結果の要旨

メタン (CH_4) は、 CO_2 の 28 倍の地球温暖化係数を持つ強力な温室効果ガスであり、廃棄物の埋立処分場は世界の人為起源 CH_4 排出量の 10~18% を占めている。インドネシアでは、38 の州に 341 の廃棄物埋立場があるが、ほとんどの施設はオープンダンプまたは管理型埋立場として運営されており、 CH_4 回収システムを備えた施設は 15% 未満である。しかしインドネシアでは、廃棄物埋立 CH_4 に特化した推定枠組みや、信頼できる地域変数、および規制措置が欠如している。このような背景のもと、本研究では、サイト固有のモデル化および緩和戦略の評価を連携させる多角的アプローチについて検討したものである。

本論文は全 6 章で構成されている。第 1 章では、インドネシアにおける廃棄物埋立 CH_4 対策の背景、目的、意義を概説している。第 2 章では、全国的な埋立状況、 CH_4 排出ポテンシャル、環境リスクのレビューを行い、推定排出量と現在の緩和対策の乖離を明らかにしている。第 3 章では、代表的な 2 つの埋立場 (Griyomulyo, Sekoto) を、現地で導出した DOC 、 L_0 、および K 値を用いて 4 つの推定モデル (IPCC FOD、LandGEM、Afvalzorg、Thai モデル) を用いて評価している。インドネシアの全国的な K 値データベースを整備し、値を $K1$ (高降水量地域)、 $K2$ (気候帯の移行地域)、 $K3$ (ジャワ島) に分類している。モデルによる排出量と現場測定値を比較し、デフォルトパラメータの過大評価を確認している。第 4 章では、AERMOD ガウスモデルを適用して CH_4 拡散のシミュレーションを実施し、インドネシアにおける廃棄物埋立場における CH_4 の空間曝露地図を作成している。Griyomulyo は 11 の村に影響を及ぼし、Sekoto は 7 の村に影響を及ぼし、濃度はいずれも $90,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていることを示している。第 5 章では、インドネシアの廃棄物埋立場の条件下での CH_4 回収と燃焼技術の評価を行っている。破壊効率 (99% 超) と費用対効果を確認したが、財政、技術、規制の障壁により導入が限定的であることを指摘している。第 6 章では、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、インドネシア初の全国的な K 値データベースを構築し、気候依存的な CH_4 排出量と空間曝露分布地図の作成を可能にしたものである。本研究の成果は、廃棄物埋立場の CH_4 排出量の推定と緩和戦略策定に資する新たな知見としてその新規性・有用性を高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

よって本論文の著者は博士 (工学) の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	マイ ゴ チャウ MAI NGOC CHAU（ベトナム）
学 位 の 種 類	博士（学術）
学 位 番 号	甲 第 1 3 2 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	Enhancing Disaster Risk Reduction Education: Course Design, Performance Evaluation, and Past Experience-Knowledge-Preparedness-Risk Perception Nexus （防災教育の改善：コース設計、成果評価、および、災害経験・ 知識・準備度・リスク認知の連関）
論文審査委員	主 査 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）） 審査委員 長 弘基 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学））

論文内容の要旨

A significant increase in both the frequency and intensity of disasters, particularly weather-related events, has been observed. Therefore, researching and empowering children and young people, who are among the most vulnerable groups, with the necessary knowledge and skills to protect themselves is crucial. In addition, only a limited number of studies focus on integrating climate change and disaster risk reduction content into the general education curriculum, particularly at the primary level. There is also a lack of comprehensive criteria that address both knowledge and attitudes toward disaster-related behavior, especially at the primary level, as well as students' disaster risk perception on school campuses in Vietnam. Hue City is known as one of the most disaster-prone areas in Vietnam and a center of education. Additionally, the encouragement from governmental documents makes Hue City a suitable study site for disaster risk reduction (DRR) education research. This research in Hue City aims to address three key issues.

This study was conducted to provide a general overview of the status of DRR education in Vietnam, specifically through the design and evaluation of a short course for primary schools and an assessment of risk perception at the university level. Based on the findings, solutions were proposed to enhance DRR education within Vietnam's education system and in similar contexts in other countries.

The structure of the dissertation includes six chapters:

Chapter 1 introduced the background of the dissertation, problem statements, and objectives. It also described key terminologies and the survey area.

Chapter 2 reviewed more details of previous studies to understand the researched content and to identify gaps that needed to be addressed. Additionally, it discussed theoretical foundations and frameworks.

Chapter 3 examined the current status of DRR education in the city specifically and in Vietnam generally by reviewing relevant studies and evaluating textbooks. These results emphasized the commendable efforts made by government schools and educational institutions in mitigating the risks associated with disasters. The chapter also highlighted the significant improvements in Vietnam's disaster management framework. Additionally, the findings indicated that disaster risk is addressed in specific subjects such as Vietnamese, Nature and Society, History and Geography, Ethics, Sciences,

and Experimental Activities, and the absence of climate change in the curriculum. The differences in disaster risk and climate change content between old and new textbooks were revealed.

Chapter 4 discussed the effects of a self-designed short DRR education course for primary schools in three topologically distinct regions using taxonomies of education and a field experiment measurement technique. The intervention revealed similarities and differences between the groups. Specifically, the course positively impacted some elements of knowledge and preparedness intentions in students from both low-lying and mountainous regions (including ethnic minorities). Higher-grade students in the mountainous region showed improvement in intentions, but not in attitudes toward self-protection. No gender differences in intention were found.

Chapter 5 explored past experience-knowledge-preparedness-risk perception nexus among students in University of Sciences, Hue University. In addition, how demographic and experiential factors influenced the past experience-knowledge-preparedness-risk perception nexus.

Chapter 6 contained conclusions and recommendations for practitioners and future research in related fields.

論文審査の結果の要旨

本研究では、気候変動等による災害発生状況の変化の影響を受けやすいベトナム・フエ市を対象に、生徒や学生の防災に対する考え方を調べるとともに、教育手法を提案・実践・評価している。第1章では、フエ市の災害の特徴とともに研究の背景と目的が述べられている。第2章では、防災教育の考え方と実施方法や教育効果の評価方法などに関する既存研究が整理され、課題が抽出されている。第3章では、ベトナムおよびフエ市の防災教育の特徴と課題を既存の防災教育プロジェクトの整理や小学校の教科書の内容検証、小学校教諭へのヒアリング調査により明らかにしている。第4章では、特徴的な災害の内容が異なるフエ市の3地区（沿岸部、低地部、山地部）を対象に短期防災教育プログラムを設計して実践し、その効果を計測・分析している。教育効果の評価には、ブルームの基準等、世界的に広く用いられている指標を採用し、さらに、各地区に教育を行う実験校と行わない対照校の2つを設けた上で3度に渡る調査を行って生徒の防災に対する知識や考え方を比較している。これにより、社会的な背景の変化等による影響を取り除いた教育効果の正確な評価が行われている。第5章では、フエ科学大学の学生を対象に過去の災害経験が防災への知識や対応準備状況に与える影響が調べられている。心理学のモデルを用いてこれらの要素の関連性が分析され、過去の台風経験の数が防災対応の準備状況に影響する等の結果が示されている。第6章では、結論と今後の防災教育・研究に対する推奨事項が示されている。

以上、本研究では、防災教育の事例が少ない発展途上国において、生徒や学生の防災教育を効果的に行うための教育プログラム作成手法、および、効果測定手法が体系的に示されており、風水害等の激甚化が予想される中で環境システム研究の推進に有益な成果をもたらしている。また、本研究は、統計学、教育学、心理学等の知見を用いた学際的な研究である。よって本論文の著者は博士（学術）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ムアムント マーライジ ハーファドリ MUHAMMAD MAARIJ HARFADLI（インドネシア）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第310号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Optimizing Informal Sector Contributions for Sustainable Plastic Waste Management: Systematic Approaches in Balikpapan City, Indonesia （持続可能なプラスチック廃棄物管理のためのインフォーマルセクターの貢献の最適化：インドネシア・バリクパパン市における体系的アプローチ）
論 文 審 査 委 員	主 査 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）） 審査委員 吉山 定見 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study investigates the performance and integration potential of the informal waste sector in Balikpapan, Indonesia, within the broader framework of sustainable and circular urban waste management. The informal sector, structured hierarchically from waste pickers to large-scale middlemen, engages in six key waste management stages and contributes positively by reducing greenhouse gas emissions and providing livelihoods, despite facing significant health, regulatory, and environmental challenges. Simulation results from various waste management scenarios reveal that Ideal scenario offers the most effective emission reduction outcomes—cutting methane and CO₂ emissions by up to 5.25 kg/ton and 444.74 kg/ton respectively—largely due to improved collection, segregation, and recycling supported by informal actors. A detailed performance assessment highlights disparities across actor groups, with small-scale middlemen demonstrating optimal environmental and economic outcomes. Despite operating outside formal systems, the sector indirectly supports municipal services and requires strategic integration through innovation hubs, incentives, and regulatory frameworks. Moreover, public perception of plastic waste segregation is significantly shaped by access to municipal facilities, environmental awareness, and the perceived role of informal actors, collectively explaining 72% of behavioral variance. System dynamics modeling further confirms that formalizing and incentivizing the informal sector under Moderate and Optimistic scenarios leads to more equitable income growth and enhanced environmental outcomes. Overall, the findings underscore the critical importance of integrating the informal sector into formal governance structures to foster sustainable, inclusive, and circular waste management systems.

論文審査の結果の要旨

インドネシアでは、都市生活廃棄物の 34.3%が未管理の状態にあるため、廃棄物管理体制の整備が喫緊の課題となっている。インフォーマルセクターは、行政による廃棄物管理サービスの補完、リサイクルの促進、貧困層の生計支援において重要な役割を果たしているが、法制度的な位置付けは脆弱である。このような背景のもと、本研究は、インドネシアのバリクパパン市におけるインフォーマルセクターの役割について、その構造とパフォーマンス評価、公的サービスとの統合化の可能性について検討したものである。

本論文は、全 7 章で構成されている。第 1 章では、インフォーマルセクターの果たしている役割として、温室効果ガス (GHG) 排出削減と貧困緩和等について、環境的・社会経済的課題について概説している。第 2 章では、バリクパパン市の廃棄物管理の現状評価を行っている。最も効果的であるシナリオを特定し、廃棄物 1 トンあたり 5.25kg のメタン (CH_4) と 444.7kg の二酸化炭素 (CO_2) の削減を実現可能であることを示している。第 3 章では、インフォーマルセクターの収益構造を分析し、高コスト、品質のばらつき、地理的集中といった課題を指摘した上で、インセンティブ、能力向上、法的支援を柱とする戦略的統合化を提案している。第 4 章では、パフォーマンスの格差を評価し、小規模の仲介業者がプラスチック処理において CO_2 排出量が最も少ない一方、大規模の仲介業者は利益が大きいものの環境影響が大きいことを明らかにしている。第 5 章では、分別に対する市民意識を調査し、廃棄物処理施設が最も強い駆動力であると同時に、環境知識および公的サービスが不足している地域におけるインフォーマルセクターの役割も大きいことを明らかにしている。第 6 章では、システムダイナミクスを用いて、インフォーマルセクターの循環型経済における役割を検証し、公平な所得向上と環境成果をもたらすことのできるシナリオを示している。第 7 章では、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、インフォーマルセクターのパフォーマンス評価のための実証的枠組みを提案し、インドネシアの都市に適用したものである。本研究の成果は、多くの途上国の廃棄物部門に存在するインフォーマルセクターの効率性、収益性、持続可能性を向上させるための実行可能な戦略を提示するための新たな知見として、その新規性・有用性を高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	リ ハクイチ 李 博一（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第311号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on Low-carbon Transition of Regional Energy Systems under the Carbon Neutral Goal: A Case Study of Energy System in Inner Mongolia （炭素中立目標下における地域エネルギーシステムの低炭素化 移行に関する研究：内モンゴル自治区のエネルギーシステムの事 例分析）
論 文 審 査 委 員	主 査 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）） 審査委員 池田 卓矢 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（情報学））

論文内容の要旨

To achieve carbon neutrality targets in the power sector, regions with rich coal and renewable energy resources are facing unprecedented pressure. The integrated energy system (IES) play an important role in energy transition pathways, this is because that energy storage systems(ESSs) provide an effective way to address the volatility and instability of renewable energy systems (RESs). CO₂ capture and storage (CCS) technology is an efficient method to reduce carbon emissions from coal-fired power plants (CFPPs). Different energy transition will affect the efficiency of regional energy emission reduction, the unit power generation costs, marginal abatement cost (MAC), and low-carbon technology development are considered as significant indicators.

Meanwhile, the construction of the low-carbon electricity market and the profits distribution mechanism also have a profound impact on the construction of the low-carbon power system. Based on the background and research purpose outlined above, this paper systematically studies the methods for planning and optimizing the low-carbon transition pathway of the energy system in Inner Mongolia under the carbon neutral goal. This study is based on a review of relevant domestic and foreign literature and focuses on the progressive logic of “low-carbon technology analysis, low-carbon power market construction and low-carbon transformation pathway exploration”, with the low-carbon transformation path serving as the core objective. The main innovations are as follows:

(1) This study aims to explore the emission reduction effects and economic analysis of future IES from the perspective of life-cycle carbon emissions and costs through the deployment of optimized ESSs (including short-term and long-term energy storage) and different CCS retrofitting rates. Taking the energy system of Inner Mongolia, China, as an example, based on future energy goal and emission reduction potential, our results indicate that the deployment of CCS and EESs could reduce emission by approximately 26 – 128 million tons in 2030 under current energy plans, power generation cost may increase by 8 billion to 46 billion CNY, this is mainly because that ESSs have higher cost to compare CCS retrofitting cost, which significantly increased the total IES cost. Moreover, research results also show that the MAC value of CCS retrofitting is the lowest under different energy scenarios, CCS retrofitting should be prioritized under the current energy structure.

(2) Based on the optimized energy structure, different power generation types will participate in the electricity market trading, modified Shapley

value method are proposed to enhance to increase the profits of renewable energy and low-carbon power generation. taking Inner Mongolia, China as a case study, exploring the benefits and carbon emission of the optimized energy structure participated in the electricity trading market. According to the case analysis, taking the 2030 low-carbon plan as an example, the optimized ESSs can reduce carbon emissions by about 15%, although it may experience short-term losses. The CO₂ capture, storage and utilization (CCUS) deployment in coal-fired power generation can accelerate carbon reduction more effectively. The improved profit allocation method effectively promotes the profitability of renewable energy and low-carbon power generation in the electricity market, increasing solar, wind, and CCUS profits by 3%, 5%, and 2%, respectively.

(3)The decarbonization pathway in the power sector in Inner Mongolia under different energy transition scenarios was explored based on the Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP) model. This includes renewable energy expansion, CCS applications, demand response, and economic regulation scenarios. Subsequently, a combination of the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) and Slack-Based Measure Data Envelopment Analysis (SBM-DEA) model was developed to investigate the influencing factors and power generation efficiency in low-carbon electricity. The results revealed that this region emphasizes first developing renewable energy and improving the carbon and green electricity market and then accelerating CCS technology. Its carbon emissions are among the lowest, at about 77.29 million tons, but the cost could reach CNY 229.8 billion in 2060. We also found that the influencing factors of carbon productivity, low-carbon electricity structures, and carbon emissions significantly affected low-carbon electricity generation; their cumulative contribution rate is 367%–588%, 155%–399%, and –189% – –737%, respectively. Regarding low-carbon electricity efficiency, the demand response scenario is the lowest at about 0.71; other scenarios show similar efficiency values. This value could be improved by optimizing the energy consumption structure and the installed capacity configuration.

論文審査の結果の要旨

中国内モンゴル自治区は、化石燃料と再生可能エネルギー双方の賦存量が多い地域である。このような地域において、カーボンニュートラルを目指すエネルギー転換シナリオの検討は、様々な要素を考慮して検討する必要がある。発電部門のエネルギー転換シナリオは、発電のCO₂排出係数、発電単価、低炭素対策の限界削減費用等に影響を与えるため、これらの指標を考慮して検討する必要がある。本研究は、中国内モンゴル自治区を対象として、地域エネルギーシステムのCO₂排出削減評価システムを開発し、望ましい転換シナリオの検討を行ったものである。

本論文は全5章で構成されている。第1章では、低炭素エネルギーの開発について紹介し、地域エネルギー転換シナリオに関する最新の研究をレビューした上で、本研究の革新性と全体的な枠組みを強調している。第2章では、中国内モンゴル自治区をケーススタディとして、電力貯蔵とCCS（炭素回収・貯蔵）を中心に据えた将来の低炭素エネルギー構造に焦点を当てている。ライフサイクル評価と最適化モデルを用いて、異なるエネルギー転換シナリオ下でのCO₂削減ポテンシャル、エネルギーコスト、及び限界削減コストを分析している。第3章では、第2章の成果と内モンゴル自治区の電力取引市場の特性を基に、将来の低炭素エネルギーシステム向けの電力取引評価モデルを構築し、低炭素電力市場における異なる発電方式の動的コストと利益を分析している。第4章では、まず内モンゴル自治区の将来のエネルギー転換シナリオの実現可能性を分析し、LEAP、LMDI、SBM-DEA モデルを組み合わせた低炭素エネルギー評価システムを構築している。このシステムは、異なるエネルギー転換シナリオ下での低炭素電力構造、エネルギーコスト、主要な影響要因、生産効率を考察している。第5章では、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、中国内モンゴル自治区を対象に、低炭素シナリオを探索する地域エネルギーシステムを開発するために、再生可能エネルギー由来電力、電力貯蔵システム、CCS 技術の設置を含む最適化モデルの開発と適用を行ったものである。本研究の成果は、地域のエネルギーシステムの低炭素・脱炭素経路探索に向けた新たな知見として、その新規性・有用性を高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ワウ キョウケイ 王 晓启（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 2 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on the Supply-Demand Matching and Spatial Optimization of Public Service Facilities around Super Large Comprehensive Hospitals in the Core Area of Beijing （北京市中心地区における大規模総合病院周辺の公共サービス 施設の需給マッチングと空間最適化に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 宮脇 崇 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（学術））

論文内容の要旨

This study focuses on the supply-demand relationship and spatial optimization of public service facilities in the vicinity of large general hospitals (LGH) in Beijing's core area. Taking a people-centered approach, the research explores how high-density medical activity affects spatial layout, functional demand, and urban facility provision. A spatial evaluation framework is constructed to analyze mismatches and propose targeted optimization strategies, aiming to guide the renewal and improvement of hospital-centered urban environments.

Chapter one presents the overall research context, articulating the background, objectives, and methodological structure. It emphasizes the pressing challenges posed by the spatial disjunction between service facilities and the actual needs of diverse users in LGH surroundings, and delineates the analytical scope based on 15-minute walking catchment areas.

Chapter two reviews relevant domestic and international theories and methodological approaches concerning supply-demand planning. It highlights a critical research gap—namely, the limited attention to hospital-adjacent urban spaces—and introduces the concept of a coupling coordination model as a novel methodological advancement.

Chapter three outlines the historical and spatial evolution of hospital development in Beijing. It explores how shifts in institutional systems and urban planning policies have shaped the distribution, morphology, and functional roles of medical facilities and their adjacent areas.

Chapter four establishes a three-dimensional evaluation model incorporating indicators of population demand, facility supply, and transportation connectivity. Through indicator weighting and spatial data analysis, it quantifies the degree of coupling coordination across different hospital catchments.

Chapter five applies the proposed model to 24 representative LGH in central Beijing. The results reveal three distinct spatial patterns—balanced, supply-deficient, and supply-excessive and identify key issues such as insufficient daily-life amenities and inadequate accessibility around many hospitals.

Chapter six puts forward a comprehensive spatial optimization strategy that integrates demand-responsive planning, facility system enhancement, and transportation improvement. It introduces a synergistic "crowd-facility-transport" coordination mechanism to support holistic and adaptive facility upgrades.

Chapter seven validates the practical application of the model through a case study of the Xizhimen Campus of Peking University People's Hospital. The chapter presents targeted planning interventions that significantly enhance spatial functionality, service efficiency, and user experience in the area.

Chapter eight concludes by summarizing the study's theoretical contributions and practical implications. It also discusses future directions for expanding the research scope and refining implementation mechanisms to support scalable, hospital-driven urban regeneration.

論文審査の結果の要旨

本研究は、医療行動を契機に発生する「滞在・待機」ニーズに対応する都市公共空間を対象とし、需給適合の視点から空間構成と都市施設の配置の最適化方策を明らかにすることを目的とする。大規模総合病院周辺に集中する人流を背景に、医療待機に伴う滞在ニーズに対応する環境を整備し、公共空間資源の効率的な配置と地域運営の最適化を図っている。空間評価と計画論の観点を融合させ、人間本位の都市空間モデルを構築し、持続可能な都市運営の実現に貢献している。

第1章では、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、従来の研究を調査し、本論文の分析方法の枠組みを構築するための理論的基礎を示している。第3章では、北京市の大規模病院建設史を分析し、都市成長や制度改革が病院配置と周辺環境に与える影響を明らかにした。また施設配置と都市構造の相互関係から空間認識基盤を形成した。

第4章では、病院を中心とした15分圏を分析単位とし、人口や施設データ、行動満足度などの主観評価を組み合わせた三次元評価指標体系（需要特性・供給能力・交通接続）を構築し、指標選定と重み付けにより総合評価技術を確立した。

第5章では、北京市中心部の大規模病院に評価体系を適用し、群集ニーズ・施設供給・交通ネットワークの時空分布を視覚的に解析した。さらに、需給マッチング指標や交通アクセシビリティ係数を算出し、今後の戦略策定に向けた定量的な根拠を示した。第6章では、三次元分析を基にクラスタ分析を行い、「需要応答・施設構成・交通組織」を統合した最適化フレームワークを構築した。施設階層の最適化を提案し、空間資源配分の包括計画を導出した。第7章では、北京大学人民医院西直門キャンパスをケーススタディに、施設階層、交通ネットワーク、空間構成の視点から調査し、施設配置の最適化、交通空間の再編により地域サービスの効率と空間品質の向上を実証した。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、医療行動に伴う「滞在・待機」ニーズに着目し、大規模総合病院周辺の公共空間における需給適合の視点から空間構成とその最適化方策を多角的に分析したもので、計量分析、三次元評価指標体系の構築等を通じて、都市公共空間における空間資源の効率的な配置や人間本位の都市空間設計の具体的な戦略を提示した。本研究は、都市計画、環境デザイン、医療福祉政策の分野に貢献し、医療行動を踏まえた都市空間設計の新たな視座を提示した。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	キョウ ケン 姜 妍（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 3 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Daylighting and energy consumption evaluation of photovoltaic shading based on parametric performance design method (パラメトリック性能設計法に基づく太陽光発電シェーディングの採光とエネルギー消費の評価)
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 小山田 英弘 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 松岡 諒 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

As global energy and environmental challenges intensify, the demand for low-carbon, energy-efficient, and comfortable buildings continues to grow. Integrating photovoltaic (PV) technology with external shading systems offers a promising solution to simultaneously improve building energy efficiency and daylighting performance. However, PV shading design faces significant challenges due to the complex trade-offs between energy saving and daylighting, the need for specialized expertise, and a lack of systematic design methodologies—especially in cold climate zones where research is still limited.

To address these issues, this study proposes a parametric performance design methodology for PV shading systems, implemented through Grasshopper and Ladybugtools, forming a streamlined “one-click” process. The method integrates parametric design, scheme generation, performance evaluation, and multi-objective optimization into a closed feedback loop. This approach allows efficient generation and assessment of PV shading schemes, bridging the gap between professional knowledge and practical application.

Chapter 1 addresses the lack of systematic design methods for PV shading in cold climates by proposing a parametric performance design approach combined with dynamic PV shading. This method aims to balance energy efficiency and daylighting, offering a practical solution to current design challenges.

Chapter 2 introduces the fundamental principles of solar radiation and its impact on indoor light and heat environments. It discusses how PV shading systems manage solar energy through reflection, absorption, and transmission while generating electricity, and summarizes their functional potential and design limitations.

Chapter 3 explains the concept and framework of parametric performance design, detailing the integration of simulation tools, evaluation metrics, and optimization strategies. This approach supports systematic exploration and performance-based decision-making in PV shading design.

Chapter 4 presents the case study: an office building in Qingdao's cold climate. It describes the regional context, modeling setup, and workflow validation using measured data, followed by a baseline energy and daylight performance analysis.

Chapters 5 and 6 examine the performance of two PV shading types—single-leaf and louver systems—under dynamic control modes. Results show that hybrid single-leaf shading (adjusting both angle and height)

performs best, reducing energy use by up to 50.38% and improving daylight availability. Though louver systems perform slightly less effectively in cold climates, optimized configurations still reduce net energy use by up to 47% with acceptable visual comfort.

Chapter 7 compares the two PV shading systems, discussing trade-offs between energy efficiency, daylighting, economic feasibility, and self-shading. It concludes that dynamic systems, especially single-leaf designs, are better suited for cold-zone office buildings.

Chapter 8 introduces a multi-objective optimization process based on exhaustive simulations, considering daylighting, PV output, and net energy consumption. The results confirm that single-leaf PV shading offers the best overall performance in Qingdao's climate, balancing energy, environmental, and economic outcomes.

Chapter 9 summarizes the findings and highlights the study's limitations, such as the narrow focus on a single climate zone and building type. It suggests future work to expand the method's applicability across diverse contexts.

In summary, this research provides an effective and adaptable design strategy for integrating photovoltaic shading into buildings in cold climates, enhancing energy efficiency and visual comfort while supporting broader carbon reduction goals.

論文審査の結果の要旨

本研究は、太陽光発電遮蔽の設計におけるパラメトリック性能設計手法を提案し、柔軟かつ実践的な設計プロセスを確立することを目的としている。特に、建築設計における遮光と発電の両立に関する最適化課題に焦点を当て、寒冷地における実例を通じて、設計手法の妥当性を検証し、性能評価・改善指標の体系化を行っている。

第1章では、研究背景、理論枠組み、問題設定、全体構成を述べ、パラメトリックモデリング、性能主導型シミュレーション、多目的最適化を統合した設計フレームワークの不足を指摘し、本研究の必要性を明確化した。第2章では、理論考察と実例分析を通じて太陽光発電遮蔽に必要な数学・物理モデルを提示した。遮光と発電の二重機能とその最適化のトレードオフ構造を明らかにした。第3章では、パラメトリック性能設計手法を体系化し、モデリング、シミュレーション、評価、最適化の4要素を統合した設計ワークフローを構築し、性能評価と最適化の基盤を形成した。

第4章では、寒冷地を対象に気候条件と遮光ニーズを分析した。月単位の遮光調整の有効性と方位別遮光特性を確認し、シングルブレード型とルーバー型の動的遮蔽モデルを開発・検証した。第5章では、シングルブレード型遮蔽の回転・スライド・ハイブリッド制御を比較し、ハイブリッド手法が発電・遮光・採光の最適バランスを実現し、エネルギー消費を50.4%削減、快適照度時間を3.1%向上させることを示した。第6章では、ルーバー型遮蔽の枚数と傾斜角度が採光・エネルギー性能に与える影響を分析した。少枚数での角度調整による最適化戦略を示し、寒冷地での太陽光発電ルーバー設計の定量的指針を提案した。第7章では、動的・静的遮蔽手法の適用可能性や採光と照明制御の連携効果など複雑要因を議論し、遮蔽システムのライフサイクルコスト分析を性能最適化に組み込み、環境負荷評価を行った。第8章では、多目的最適化により経済性と環境影響の観点から遮蔽システムのパラメータ最適化を実施し、設計手法の最終段階を完成した。シングルブレード型とルーバー型の性能特性を体系的に整理した。

第9章では、各章で得られた知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、寒冷地の建築実例を通じて、「遮光」と「発電」を両立させるパラメトリック性能設計手法を提案・実証した。動的遮蔽システムの最適化や多目的評価により、太陽光発電と建築デザインの統合に新たな視点を提示し、持続可能な環境建築設計の分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	杓 シウ 王 振宇（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 4 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Performance optimization of radiant floor heating system integrated with encased phase change materials （カプセル化された相変化材料を統合した熱輻射床暖房システム の性能最適化）
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 寺西 正輝 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 上江洲 一也 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Phase change materials (PCM) offer a new way to enhance radiant floor heating systems (RFHS), with encased PCM systems being a more efficient option. By integrating PCM within tubes and hot water pipes, the system improves energy use and design flexibility. However, challenges remain in thermal efficiency, response speed, temperature control, costs, and energy use. This paper focuses on optimizing the thermal performance of encased PCM systems for practical applications.

Chapter 1 summarizes the development, challenges, and optimization of encased PCM radiant floor heating systems, and presents a framework for improving thermal performance and sustainability.

Chapter 2 reviews PCM applications in radiant floor heating, covering thermal properties, encapsulation, system design, operation strategies, performance evaluation, and research methods as the foundation for this study.

Chapter 3 outlines the methodology, including mathematical modeling, CFD simulation setup, model validation, data collection, post-processing techniques, and discusses the limitations and assumptions of the study.

Chapter 4 analyzes the superiority of encased PCM radiant floor heating systems, focusing on the physical model, PCM thermal state, floor temperature evolution, surface temperature distribution, and heat flux characteristics.

Chapter 5 explores enhancing thermal performance by adjusting the hot water pipe's eccentric position within the PCM encasement, shifting it horizontally and vertically to find the optimal placement.

Chapter 6 focuses on optimizing performance and reducing floor thickness by changing the PCM encasement shape from a circle to an ellipse, shortening the heat transfer distance and lowering thermal resistance.

Chapter 7 focuses on improving the thermal performance of the floor by converting single-layer encased PCM into double-layer PCM with different phase change temperatures, thereby enhancing the system's heat storage and release efficiency.

Chapter 8 summarizes conclusions, discusses technical and economic challenges, and briefly explores future prospects.

論文審査の結果の要旨

本論文は、熱輻射床暖房システムにおける相変化材料（PCM）、とりわけカプセル化された相変化材料システムに着目し、その熱性能の最適化を通じて実用的応用の可能性を探究したものである。

第 1 章では、相変化材料を用いた床暖房システムの背景および課題を概説し、研究目的と枠組みを明示している。

第 2 章では、PCM の熱特性、カプセル化技術、設計・運用・評価手法に関する先行研究を整理し、熱輻射床暖房への応用可能性を踏まえた方法論を構築している。

第 3 章では、数学モデル、CFD シミュレーションの設定と検証方法、ならびにデータ処理手法を提示している。

第 4 章では、カプセル化 PCM を組み込んだ床暖房システムの熱的優位性について、物理モデル、床および表面温度分布、熱流束の観点から詳細に分析している。

第 5 章では、カプセル内における温水管の偏心配置が熱性能に与える影響を分析し、水平方向および垂直方向における最適位置を検討している。

第 6 章では、PCM カプセルの形状を円形から楕円形に変更することで、床厚の削減、熱伝達距離の短縮、熱抵抗の低減といった性能向上の可能性について分析している。

第 7 章では、単層構成から異なる相変化温度を持つ二層構成に変更することで、床の熱性能を改善し、蓄熱・放熱効率の向上を図る手法を提示している。

第 8 章では、研究成果を総括し、今後の課題および展望について論じている。

本論文は、PCM を活用した高性能床暖房システムの設計に関する実践的かつ有用な知見を提供しており、建築環境工学分野における学術的および実務的意義は大きい。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ハオ 奇 郝 奇（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 5 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	A study on the Biomass fly ash-based geopolymer and microbially self-healing mechanism and efficiency (バイオマスフライアッシュ系ジオポリマーと微生物による自 己修復機構およびその効率に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 高 巢 幸 二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 小 山 田 英 弘 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 陶 山 裕 樹 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 古 閑 宏 幸 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（情報工学）)

論文内容の要旨

Biomass fly ash, a by-product of biomass power generation, often contains high levels of unburned carbon and irregular particle morphology, which can influence its suitability for geopolymer applications. In this study, biomass fly ash was modified through flotation method using a kerosene to oil system, which effectively reduced its loss on ignition, cleaned the particle surfaces, and increased specific surface area. The modified biomass fly ash was then used to partially replace coal fly ash in geopolymer mortar, with ground granulated blast furnace slag as precursors.

To evaluate the physical and mechanical properties of biomass fly ash-based geopolymer, curing conditions, alkaline activators, and biomass fly ash replacement levels were investigated. Results showed that different Na_2O has greater effects on the compressive strength. The optimal M^+ and AM were 11.5% and 0.75. With BFA replacing CFA, the highest compressive strength was achieved with 40% BFA under water curing, with a $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ ratio of 2.31. Air and high temperature decreased strength and resulted in coarser pore structure. Lower $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ further increased microporosity and reduced the strength. Water curing showed significantly positive impact on the mechanical properties. Correlation analysis confirmed that $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ contents were positively associated with strength and negatively with total porosity. The mechanical properties of geopolymer were highly influenced by SiO_2 , Al_2O_3 and CaO content of BFA.

To evaluate the durability of geopolymer, microbially induced self-healing in geopolymer and Portland cement mortar was studied. *Bacillus cohnii* was used as the microbial source to produce self-healing agents. High and low calcium content fly ash was used as precursors. Results showed that high calcium content fly ash positively contributed to the compressive strength recovery, and experienced early crack closure. SEM and EDS confirmed the formation of white healing product (CaCO_3). In geopolymer mortar, using a high $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ ratio of alkaline activator positively affected crack healing. And a yellow extracellular polymeric substance (EPS) was also confirmed by SEM and EDS analysis. This served as nucleation sites for CaCO_3 , promoting its deposition and contributing to crack healing.

論文審査の結果の要旨

本論文は、バイオマスフライアッシュ（BFA）を主要な構成材料とし、高炉スラグ微粉末と組み合わせて、セメントを使用しないコンクリートであるジオポリマー（GP）を製造することに焦点を当て、GP 原料としての BFA の利用可能性と微生物による自己修復機構について、包括的に検討したものである。論文は以下の 6 章で構成されている。第 1 章では、ジオポリマー製造におけるバイオマスフライアッシュの利用可能性、およびバクテリアを用いた自己治癒メカニズムに関する先行文献のレビュー結果を示している。第 2 章では、異なる種類の BFA およびアルカリ活性剤が GP モルタルの圧縮強度に与える影響を評価し、Si/Al 比が高いほど圧縮強度が低下する傾向が見られ、アルカリ量（M⁺）の最適値は 9.5%、アルカリモル比（AM）の最適値は 0.75 であることを示した。第 3 章では、GP モルタルにおいて石炭灰を BFA で代替した際の特性を評価し、BFA を添加するとモルタルの流動性が低下し、水中養生された試験体は最も高い圧縮強度を示した。圧縮強度と空隙率の間には負の相関が見られた。さらに、硬化体中の SiO₂ および Al₂O₃ 含有量は強度と正の相関を示し、CaO 含有量は負の相関を示した。第 4 章および第 5 章では、バクテリア由来の自己治癒剤（SHA）をポルトランドセメント系および GP 系に適用した。高カルシウムフライアッシュ（HFA）および低カルシウムフライアッシュ（LFA）の両方を活性フィラーとして使用した。その結果、SHA を最大 6% まで添加してもフレッシュ性状や圧縮強度にほとんど影響を与えず、2% の SHA 添加が最も高い自己治癒効果を示した。ひび割れ内に生成された白色の治癒生成物は CaCO₃ であることを確認するとともに、HFA はより優れたひび割れ閉塞性能があることを明らかにした。第 5 章では、SHA の添加により透水性が低下することを確認し、HFA の使用により SHA の治癒効率が向上することを明らかにした。ひび割れ部には黄色または白色の沈殿物が観察され、EDS 分析によりそれらが CaCO₃ および細胞外高分子物質であることを示した。GP 系における SHA の治癒剤としての有効性が示され、SHA の含有量が増えるにつれて自己治癒性能が向上することを明らかにした。第 6 章では、得られた成果をまとめると共に今後の展望を示して結論とした。上記に示したように、本論文はコンクリート工学分野において新しい知見を与える有用性に富んだ実測・実験研究で信頼性が高く学術的に価値があり優れた効用効果を有する論文であると認められる。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	リウ ユエンハオ 刘 元昊（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 6 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on the adaptability of indoor and outdoor living environment in Southern Shaanxi (陝西省南部における屋内外生活環境の適応性に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 寺西 正輝 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 西田 健 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

This study aims to improve the indoor thermal comfort and outdoor wind environment of traditional dwellings in southern Shaanxi under the “hot summer and cold winter” climate. Through field surveys, simulation analysis, and design optimization, it explores architectural strategies adapted to the local climate and lifestyle. The goal is to propose practical optimization solutions to provide scientific support and design references for new rural construction, promoting the sustainable development of rural living environments.

Chapter 1: This chapter explains the current issues of rural living environments in southern Shaanxi from environmental and policy views. It highlights the value of traditional houses in facing today’s climate challenges. Using theory and literature review, the research focus and framework are defined. The findings show that traditional architecture’s harmony with nature offers useful lessons for modern design. This supports sustainable rural development and climate-adaptive architecture.

Chapter 2: This chapter reviews studies on indoor thermal comfort and outdoor wind environments, stressing how microclimate affects human comfort. It compares theory (like PMV models) with real-world studies, pointing out strengths and gaps. The conclusion is that design should combine climate control with comfort needs. This review builds the base for later simulations.

Chapter 3: This chapter builds the research method for studying indoor and outdoor comfort. It focuses on indoor thermal comfort and outdoor wind comfort. Tools like OpenStudio, CFD simulation, field tests, and surveys are used to set standards and model settings. A model suited to southern Shaanxi’s climate is built to guide later design improvements.

Chapter 4: Field research shows that traditional villages face poor wind conditions, cold winters, and hot summers. Indoor temperatures in winter are often too low, making residents uncomfortable. The main problem is poor insulation. This chapter points out the need to improve building shapes and materials.

Chapter 5: Using simulations, this chapter studies how street layout and building design affect wind comfort. It finds that street direction, building height, and density impact airflow. Based on results, it suggests good design rules: height-to-width ratio 0.5–1.5, building density under 36%, height under 15m, and street width between 3–6m or 6–11m. These help improve outdoor comfort.

Chapter 6: This chapter analyzes how building factors like window size and wall materials affect indoor thermal comfort. It tests different options and finds the best design: 3m floor height, 0.4 window-to-wall ratio, insulated walls (e.g., fly ash bricks with EPS), Low-E glass windows, roof insulation, and a 10° west-by-south orientation. These changes improve comfort in both winter and summer and offer a model for better rural house design.

Chapter 7: This chapter reviews the main findings, highlighting key factors and spatial features of village indoor and outdoor environments. It explores how people adapt to their surroundings. The study suggests that building design should match the climate, local habits, and sustainability goals. To improve rural living quality, space and structure must be planned as a whole.

Chapter 8: This chapter sums up the study's key results and design strategies, including village layout, building parameters, and practical design advice. It proposes a climate- and lifestyle-adapted renovation plan for southern Shaanxi, offering useful guidance for rural planning and green building development.

論文審査の結果の要旨

本研究は、「夏は暑く冬は寒い」という気候条件をもつ中国陝西省南部地域において、伝統民家の室内熱的快適性および屋外風環境の改善を目的としている。現地調査、数値シミュレーション、設計最適化を通じて、地域の気候と生活習慣に適合する建築的戦略を探り、新農村建設に向けた具体的かつ実用的な設計指針を提示することで、農村住環境の持続可能な発展に貢献することを目指している。

第1章では、陝西省南部地域農村の居住環境現状と課題を環境・政策面から整理し、伝統住居が気候問題への有効な知見を提供できることを示している。第2章では、室内熱快適性と屋外風環境の既往研究を整理し、PMV 指標等の理論モデルと実測を比較した。また快適性と気候対応の同時に考慮する必要性を強調し、シミュレーションの理論基盤を構築した。第3章では、OpenStudio を用いて CFD 解析、現地測定、アンケート調査を組み合わせ、陝西省南部地域の気候に即した快適性評価モデルを構築した。

第4章では、現地調査により伝統村落の冬季室温低下と断熱不足、屋外風環境の問題を明らかにし、建築形態や材料見直しの必要性を明らかにした。

第5章では、街路配置や建物の高さや密度が風通しに与える影響を数値シミュレーションで検証し、幅高さ比 0.5~1.5、建蔽率 36%以下、高さ 15m 未満、道路幅 3~11m が風環境改善に有効であることを提示した。

第6章では、階高、窓壁比、壁材、窓ガラス、建物方位など建築要素が室内快適性に与える影響を分析した。階高 3m、窓壁比 0.4、EPS 断熱壁、Low-E ガラス、屋根断熱を採用した条件下において、南西 10 度の方位が冬夏の快適性向上に最適であることを明らかにした。

第7章では、分析結果に基づき、村落の室内外環境における主要因子および空間構成を整理した。その結果、住民の生活様式や気候適応の在り方を踏まえ、地域特性と住民の慣習を統合的に捉えることが設計において重要であることを明らかにした。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、中国陝西省南部地域における伝統的民家の屋内外環境の実態と課題を明らかにし、現地調査・数値シミュレーション・設計最適化を通じて、地域気候と生活習慣に適合する気候適応型建築設計のあり方を提示したものである。本研究は、室内の熱的快適性と屋外の風環境に基づき、具体的かつ実用的な設計指針を導き出したものであり、新農村建設に資する知見を提供するとともに、

農村住環境の持続可能な改善に寄与する実践的意義を有する。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	杢 夢寒 王 梦寒（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第317号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Research on adaptation and evaluation of vertical greening systems for thermal environment regulation in aged masonry buildings （老朽組積造建築の熱環境制御のための垂直緑化システムの適応と性能評価に関する研究）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 原口 昭 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（理学））

論文内容の要旨

This study explores the application of vertical greening systems (VGS) in improving the thermal performance of aged masonry buildings, addressing both energy efficiency and heritage conservation. It investigates the effectiveness of fixed and dynamic green walls through experimental analysis and simulation, and evaluates their adaptation under varying orientations and climate zones. The research integrates field investigation, controlled experiments, and performance modeling to develop adaptable greening strategies that enhance building sustainability while preserving cultural value. The study provides practical recommendations for orientation and climate-responsive vertical greening applications in historical contexts.

Chapter 1: Introduces the background and significance of applying vertical greening to aged masonry buildings.

Chapter 2: Presents a comprehensive literature review of vertical greening systems, their thermal regulation mechanisms, application in heritage buildings, and the research gaps related to climate adaptability and performance evaluation.

Chapter 3: Introduces the main research methods.

Chapter 4: Investigates the architectural characteristics of aged masonry buildings in Qingdao, documents the current use of vertical greening, identifies existing problems, and conducts in-situ monitoring and simulation validation.

Chapter 5: Compares the thermal performance of fixed and dynamic vertical greening systems under controlled conditions. It assesses their impacts on temperature regulation, humidity control, and compatibility with building façades.

Chapter 6: Conducts orientation-based simulation studies to evaluate thermal response variations. It introduces an orientation factor model to quantify performance differences and guide direction-specific green wall design.

Chapter 7: Conducts simulations across five climate zones to develop a climate factor model for assessing regional adaptability and optimizing vertical greening strategies.

Chapter 8: Summarizes the findings.

論文審査の結果の要旨

本論文は、老朽組積造建築における熱環境制御手法として、垂直緑化システム（Vertical Greening Systems: VGS）の適応性および性能を評価することを目的としている。

第1章では、気候変動と歴史的建築のエネルギー効率向上の必要性を背景として示し、本研究の意義と目的を述べている。

第2章では、VGSの熱環境制御機構および既往の応用事例およびVGSに関する国内外の文献を網羅的に整理し、気候適応に関する評価手法が不足していることを明らかにしている。

第3章では、文献調査、現地調査（中国青島）、実験、ENVI-met および EnergyPlus を用いたシミュレーションによる多元的研究手法を詳述している。

第4章では、中国青島の老朽組積造の歴史的建築物を対象に、垂直緑化の現状と課題を実測を通し明らかにし、VGS導入による効果を検証している。

第5章では、固定型と可変型VGSの比較実験により、それぞれの温度調整、湿度制御、外壁保護への効果が定量的に示されている。

第6章では、建物方位ごとのVGSの性能差をシミュレーションにより分析し、VGSが面する方位別の設計モデルが構築されている。

第7章では、中国の5つの気候帯を対象としたシミュレーションにより、気候適応性モデルを構築し、地域ごとのVGSの最適設計指針を提示している。

第8章では、これらの成果を総括し、歴史的建築物の持続可能な改修に向けた垂直緑化システムの有効性を論じている。

以上、本研究は、VGSの設計最適化に関する実践的かつ理論的な知見を提供し、建築環境工学および歴史的建築の保存再生分野において大きな貢献を果たすものである。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	カ ハン 何 帆（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 1 8 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on dynamic heat transfer characteristics and thermal performance of spiral finned latent heat storage system （スパイラルフィン型潜熱蓄熱システムの動的伝熱特性と熱性能に関する研究）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 白石 靖幸 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 寺西 正輝 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 安井 英斉 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study employs a shell-tube latent heat storage system as the platform, focusing on the thermal performance optimization of spiral fin structures. Through systematic investigation, including dynamic heat transfer mechanism analysis, and experimental validation, the heat transfer behavior during phase change processes and the overall thermal performance of the system are thoroughly examined. Furthermore, this study explores performance enhancement strategies under different conditions, including perforated structures, operational parameters, and inclination angles. The conclusions of this study are as follows.

Chapter 1 examines the current development status, challenges, and opportunities in latent heat storage systems, culminating in the presentation of the research objectives, significance, and research framework.

Chapter 2 provides a comprehensive review of heat transfer enhancement techniques in latent heat storage systems, with particular focus on fin-based surface area extension approaches.

Chapter 3 focuses on the shell-tube latent heat storage system as the research subject. Employed RT55 as the PCM, and models of latent heat storage systems with different fin structures were designed and developed. The fundamental thermophysical properties of the system were experimentally tested, and comprehensive thermal performance evaluation indexes along with computational methods were systematically summarized.

Chapter 4 presents experimental investigations on the heat transfer characteristics of unfinned, annular finned, and spiral finned latent heat storage systems based on the established experimental setup.

Chapter 5 introduces perforated structures to further optimize natural convection. Three spiral-finned units were designed, including two units equipped with 16 and 12 mm perforated spiral fins. The axial and radial temperature distributions, heat transfer characteristics, and efficiency of all three units were systematically evaluated.

Chapter 6 investigates the effects of heat transfer fluid conditions of PCM. The study analyzes the impacts of different heat transfer fluid inlet temperatures and various HTF flow rates on the dynamic heat transfer characteristics of both perforated and solid spiral finned systems.

Chapter 7 investigates the melting and solidification behavior of PCM in latent heat storage systems under various inclination angles, conducting a comparative analysis of the dynamic melting patterns, thermal performance and heat transfer characteristics between perforated and solid spiral finned

latent heat storage systems.

Chapter 8 provides a comprehensive summary of the research findings from the previous chapters and a discussion of future research directions.

論文審査の結果の要旨

本研究は、潜熱蓄熱システムにおけるフィン構造の熱性能最適化を主題とし、相変化過程における動的熱伝達メカニズムを解析・実証することで、システム全体の熱性能を体系的に明らかにしたものである。また、穿孔構造の導入や運転条件・傾斜角度の変化が性能に与える影響についても検討を行っている。

第1章では、潜熱蓄熱システムの発展状況、課題及び研究目的を述べている。

第2章では、潜熱蓄熱システムにおける伝熱強化技術の研究動向を概説し、特にフィンによる伝熱面積拡大の効果に関する先行研究を紹介している。

第3章では、管殻式潜熱蓄熱システムを対象に、異なるフィン構造を有するモデルを設計・構築し、相変化材料を充填して実験を行っている。

第4章では、無フィン・環状フィン・螺旋フィンを備えたシステムの伝熱特性を実験的に比較し、それぞれの熱性能を評価している。

第5章では、自然対流の強化を目的に穿孔構造を導入した螺旋フィンを設計・製作し、フィンを備えた3種類のシステムについて、温度分布、伝熱特性、効率の観点から詳細に分析している。

第6章では、相変化材料の融解・凝固過程に対する伝熱流体の影響を調査し、異なる入口温度および流速条件下で、穿孔型・非穿孔型螺旋フィンシステムの動的伝熱特性を解析している。

第7章では、相変化材料の融解過程における傾斜角度の影響を調査し、複数の傾斜条件下で穿孔型・非穿孔型螺旋フィンシステムの熱性能を明らかにしている。

第8章では、研究成果を総括し、今後の課題と展望を示している。

本論文は、潜熱蓄熱システムの熱性能向上を目的に、フィン構造の最適化や穿孔構造、運転条件、傾斜角度の影響を実験的に明らかにしたものである。再生可能エネルギーの有効活用に資する有用な知見を提供しており、工学的意義は十分に高い。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	キョ シホウ 许 士朋（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第319号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Research on associations between residential environment and elderly health based on the CHARLS and CLASS national datasets in China (中国の CHARLS および CLASS 全国データに基づく居住環境と高齢者の健康との関連性に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 白石 靖幸 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 城戸 將江 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 山崎 恭 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

As the global population rapidly ages, understanding how residential environments affect the health and well-being of older adults has become a pressing concern in both academic and policy arenas. In China, which has the world's largest elderly population, these issues are particularly urgent due to rising life expectancy, rapid urbanization, and a growing mismatch between elderly care needs and the current housing infrastructure. Guided by the framework of healthy aging, this dissertation systematically explores the interaction between the residential environment and the physical and mental health of older adults. The study draws upon four empirical papers, each addressing a specific aspect of the residential environment and its impact on health-related outcomes among older adults in China.

The first study investigates the residential preferences of urban older adults using data from the China Health and Retirement Longitudinal Survey (CHARLS) 2018 wave. Results show that older people tend to prefer aging in place within familiar, long-term residences, especially when living habits and intergenerational contact patterns are strong. The findings challenge the suitability of large-scale suburban retirement communities for most urban elderly and underscore the importance of family-based and community-integrated housing strategies.

The second study provides a comprehensive analysis of residential environment preferences and characteristics, drawing on a nationwide survey of 433 older adults. It identifies multiple dimensions of preferred environments—such as safety, accessibility, natural elements, and social connectedness—and demonstrates how these features are associated with age, gender, and health conditions. These insights contribute to an understanding of subjective needs that should inform future housing design and policy.

The third study explores the relationship between the residential environment and psychological outcomes, focusing on depression and cognitive function. Based on CLASS 2020 data, the results reveal that environmental factors such as community public facilities, barrier-free access, and indoor facilities significantly affect the prevalence of depressive symptoms and cognitive decline. These findings emphasize that the mental health of older adults is closely tied to the quality of their immediate living environment.

The fourth study examines the role of social participation and social support in shaping mental health outcomes. Using structural equation modeling (SEM), this study identifies a significant mediating role of social support in

the link between social participation and life satisfaction and depression. Enhancing opportunities for social engagement and strengthening support networks are shown to be effective strategies for improving psychological well-being.

Together, these four studies form a comprehensive picture of how the residential environment interacts with aging processes. This dissertation contributes to aging studies by offering an integrated, multi-dimensional framework that combines residential preferences, environmental quality, social factors, and mental health outcomes. It offers empirical evidence that supports age-friendly housing policies, inclusive community development, and the integration of psychosocial resources into residential planning for older populations in China. The findings also provide a strong foundation for cross-sector collaboration in designing sustainable, livable environments that foster healthy aging.

This study underscores the necessity of a multi-dimensional approach to designing inclusive, sustainable, and health-promoting residential environments for aging populations. By addressing both physical infrastructure and social determinants of health, this research provides a roadmap for optimizing housing solutions in response to demographic shifts.

論文審査の結果の要旨

本論文は、WHO の「健康的加齢 (healthy aging)」の視点から、中国全国を対象とした大規模調査 (CHARLS および CLASS) のデータを活用し、中国の高齢者の居住環境と健康との関連性を多面的に明らかにすることを目的とし、高齢者の住宅選好、居住環境の主観的評価、居住環境と心理的健康状態との関係、さらに社会的支援の媒介効果という 4 つの視点から、体系的な分析を行っている。

第 1 章では、研究の背景として、中国における急速な高齢化の進行と、都市化に伴う家族構造や住環境の変化が高齢者の精神的健康に与える影響の重要性を述べている。

第 2 章では、居住環境と高齢者の心理的健康に関する国内外の先行研究を整理し、物理的な住宅条件だけでなく、社会的関係や主観的満足度を含む包括的な分析が必要であることを指摘している。

第 3 章では、分析手法としてロジスティック回帰分析、ノンパラメトリック検定、構造方程式モデリングを用いることおよび CHARLS および CLASS について詳述している。

第 4 章では、CHARLS 2018 データに基づき、都市に居住する高齢者の住宅の嗜好を明らかにし、特に「住み慣れた地域で老後を過ごしたい」という傾向が強いことを示した。これは、近年中国で推進されている郊外型の高齢者住宅開発とは方向性が異なり、政策的見直しの必要性を示唆している。また、全国 433 名の高齢者を対象に質問紙調査を実施し、居住環境に対する主観的な好ましさを構成する要素として、安全性・自然環境・アクセス性・社会的つながりの 4 軸を抽出し、これらの評価が年齢・性別・健康状態によって異なることを明らかにしている。

第 5 章では、CLASS 2020 のデータを用いて、居住環境と抑うつおよび認知機能との関連性を分析し、住宅のバリアフリー化、公園や商業施設の有無、交通利便性といった環境要因が、抑うつおよび認知機能といった心理的健康の維持に重要な役割を果たす可能性があることを示した。

第 6 章では、社会的支援と社会参加が、生活満足度や抑うつ症状に及ぼす関係性を構造方程式モデリングを用いて分析した。社会的支援が心理的健康に対して媒介的に作用していることを暗示し、物理的環境だけでなく人的ネットワーク整備の必要性を示唆した。

第 7 章では、総括を述べている。

以上、本論文は、急速な高齢化と都市化が進行する中国社会において、居住環

境と高齢者の身体的・精神的健康との関係を多角的に解明している。従来の居住環境評価に欠けていた心理的社会的視点を統合的に扱っている点、高齢者福祉と建築計画および都市環境との関連性を明らかにし、建築計画、都市計画、公共衛生、社会福祉の分野連携が重要であることを指摘している点、複数の信頼性の高い全国データを用いて、実証性と説得力のある結論を導いている点が高く評価できる。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ウーゴンホ 黄 功虎（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 0 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Evaluation and perception analysis of urban street walkability （都市街路のウォークアビリティの評価と知覚分析）
論文審査委員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 秋葉 勇 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

The urban street environment plays a crucial role in shaping pedestrian experiences and influencing walking behavior. Commercial streets and coastal streets offer higher economic and ecological benefits. Assessing and enhancing walkability has become an important aspect of sustainable urban planning. This study, based on a synthesis of previous research and expert evaluations, constructs a walkability assessment framework for urban streets. It evaluates and diagnoses the current walkability issues of urban streets in Fukuoka. In addition, since vision is the primary way in which people perceive their surroundings, the study further explores the specific impact of the built environment on walking perceptions in commercial and coastal streets from a visual perspective. Finally, the study proposes planning ideas and renewal strategies to improve walkability for urban streets and characteristic streets in Fukuoka. The established evaluation framework can assist designers in planning and designing urban streets for better walkability.

The Chapter 1 introduce the study outlines the research background from three aspects: the development of urban streets, the importance of the research, and the quantitative support provided by digital technologies. It presents the research questions and highlights the value of the study, followed by a detailed explanation of the key points of the research.

Chapter 2 elaborates on the concepts and theoretical foundations of walkability and the street built environment . It provides a systematic analysis from three perspectives: the classification of built environment indicators, methods for measuring walkability, and the practical applications of walkability research. In addition, CiteSpace software was used to conduct a visualized bibliometric analysis of relevant studies on street walkability from major academic databases.

Chapter 3 presents the construction process of the walkability evaluation system and the methods for assessing and diagnosing urban street walkability. By integrating previous research and expert evaluations, a two-dimensional framework was developed, focusing on walkability possibility and walking experience. Furthermore, spatial syntax analysis and semantic segmentation techniques were employed to quantitatively calculate the relevant indicators.

Chapter 4 evaluates and diagnoses the walkability of Fukuoka urban streets based on the developed walkability evaluation system, considering two dimensions: walking possibility and walking experience. The results reveal that Chuo Ward exhibits the highest overall walkability, with strong performance in both walking possibility and walking experience. In contrast,

the Higashi and Nishi Wards show relatively weaker walking experience and lower walking possibility. The diagnostic analysis further indicates that Chuo and Hakata Wards have a higher proportion of "Advantage streets," suggesting a more walkable street environments. Conversely, Nishi and Higashi Wards face significant challenges, with many streets scoring low in both walking possibility and experience. While inter-district differences in walking experience are relatively minor, there is a clear spatial imbalance in walking possibility across the city.

Chapter 5 investigates the impact of physical features of commercial streets on walking-need perceptions. Based on street view imagery, this study employed the Semantic Differential (SD) method and semantic segmentation techniques to assess visual walkability and quantify the physical features of urban commercial streets. Correlation and multiple regression analyses were then used to examine the influence of these features on different dimensions of walking-need perception. The regression analysis indicates that walkable space and the landmark visibility index have a significant impact on usefulness. Street cleanliness emerges as the most influential factor affecting safety, greenness is identified as the primary determinant of comfort, while the landmark visibility index exerts the greatest influence on attractiveness.

Chapter 6 explores the impact of coastal streetscape elements on visual walkability perception. This study employed the Semantic Differential (SD) method in combination with virtual reality (VR) devices to measure people's visual walkability perception of coastal street environments. Using semantic segmentation techniques, the proportions of various streetscape elements were extracted from Google Street View (GSV) images, and correlation and regression analyses were conducted to examine the relationships between visual walkability perception and streetscape elements. the visual walkability perception of coastal streets were mainly influenced by three aspects: natural features, street enclosure and safety perception. Natural features including trees, shrubs, grasses, and water have a positive effect on visual walkability perception. Buildings from street enclosures and vehicles from safety perception have a negative impact.

Chapter 7 provides a comprehensive summary of the study from four perspectives: the construction of the urban street walkability evaluation system, the assessment results of walkability in Fukuoka, and the impact of commercial and coastal street environments on visual walking perception. It also discusses optimization strategies, highlights the key contributions and potential applications of the study, identifies its limitations, and outlines directions for future research.

Chapter 8 provides a systematic summary of the entire study and synthesizes the key findings from each chapter.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市街路のウォーカビリティに関する体系的な評価フレームワークを構築し、福岡市を対象に包括的な評価と調査を行うとともに、商業街および沿岸部街路の視覚的特徴が歩行認知に与える影響を明らかにすることを目的としている。

第1章では、ウォーカビリティが持続可能な都市形成や生活の質向上において果たす役割の重要性を述べ、研究目的と構成を明示した。

第2章では、ウォーカビリティの定義や理論的背景、評価手法を文献レビューと文献計量分析によって整理し、既存研究における課題、特に商業街や沿岸部の視覚的特徴への言及の少なさを指摘した。

第3章では、階層分析法、空間構造解析、SD法などを用いた評価体系の設計と分析手法を提示し、定量的信頼性を確保した。

第4章では、福岡市全域の街路評価を実施し、中央区のウォーカビリティが高く、東区・西区が相対的に低いことを明らかにした。「優位型ストリート」や「改善機会型ストリート」といった街路類型の地域的傾向を提示した。

第5章では、商業街における歩行者の認知要素（有用性、安全性、快適性、魅力）と街路物理的特徴の関連を分析し、歩行空間、清潔さ、緑、ランドマークの視認性が主要因であることを明らかにした。

第6章では、VRを用いて沿岸部街路における視覚的認知を分析し、自然要素が歩行性に正の影響、建物や車両が負の影響を与えることを明らかにした。

第7章では、評価と視覚的要因分析をもとに、街路類型ごとの改善方策を提案し、多様な都市街路の質的向上が居住環境の改善と都市の魅力向上につながることを示した。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、ウォーカビリティに関する理論的枠組みと評価手法を整理し、定量・定性的手法を融合した分析体系を構築したうえで、都市街路の評価・分析を通じて、視覚的要因と歩行性の関係性を明らかにし、多様な街路類型に応じた改善方策を提案している。歩行者中心の都市計画とデザインに対する新たな指針を提示したものであり、今後の都市計画の分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	シ セイ 施 静（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 1 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	A study on the psychophysiological impact of coastal audiovisual landscapes based on electroencephalography and electrocardiogram （脳波および心電図に基づく海岸の視聴覚的景観が心理生理に 与える影響に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 小山田 英弘 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 礒田 隆聡 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study investigates the restorative effects of audiovisual landscapes in coastal public spaces by combining subjective questionnaires with physiological measurements. Findings aim to inform design principles that enhance resilience and promote stress reduction in urban outdoor environments.

Chapter 1: This chapter outlines the background, significance, and objectives of the study,

Chapter 2: The chapter reviews theories related to natural restorative environments, including the Attention Restoration Theory (ART) and Stress Reduction Theory (SRT). It also analyzes trends in audiovisual research using VOS Viewer, highlighting the current focus on the interplay between soundscape, visual elements, and physiological responses, including EEG applications in stress recovery.

Chapter 3: This section details the development of an evaluation framework for restorative audiovisual landscapes, using Qingdao's coastal spaces as case studies. It categorizes typical coastal spaces into parks, trails, squares, and beaches, identifying key visual and acoustic elements for evaluation.

Chapter 4: This chapter examines the impact of different coastal landscapes (e.g., trails, parks, squares, beaches) on stress recovery. It uses VR-based immersive experiences to measure subjective responses, HRV, and EEG. Results indicate that trails are particularly effective, reducing TMD by 5.77-9.77% and enhancing autonomic activity (e.g., LF/HF reduction of 3.26-8.85%).

Chapter 5: Focusing on soundscape influences, this chapter confirms the positive effects of natural sounds like birdsong on stress recovery. It reports significant reductions in LF/HF (8.89-37.10%) and increased RMSSD and SDNN, reflecting enhanced parasympathetic activity.

Chapter 6: This chapter explores the synergistic effects of audiovisual stimuli, finding that combinations like waves + trails and music + parks are most effective, enhancing parasympathetic dominance and reducing brain energy expenditure in up to 65.91% of participants.

Chapter 7: The final chapter summarizes the study's findings and highlights the importance of user-centered design for coastal public spaces, emphasizing the potential for improved stress recovery and well-being through optimized audiovisual environments.

In summary, this research provides valuable insights into the restorative benefits of coastal public spaces, offering practical guidance for urban

planners and designers seeking to enhance human well-being through integrated audiovisual environments.

論文審査の結果の要旨

都市化の進行に伴い、自然との接触が希薄となった高密度な都市環境は、人々の健康や精神的ウェルビーイングに悪影響を及ぼすと指摘されている。沿岸地域は都市における水辺・緑地空間として、高い回復力を有するとされている。本研究は、主観的評価と生理的測定を組み合わせることで、沿岸公共空間における視聴覚景観の回復効果を明らかにし、回復力の高い屋外環境の設計指針の構築を目指すものである。

第1章では、研究の背景・意義・目的を概説し、行動心理学と神経生物学を統合した理論枠組みを構築するとともに、視聴覚相互作用の影響を評価するための主観的アンケート、生理計測、行動観察の手法を紹介している。

第2章では、注意回復理論（ART）やストレス低減理論（SRT）など自然回復環境に関する理論を整理し、VOS Viewer を用いた視聴覚研究の動向分析を通じて、音景・視覚要素・生理的反応（特に脳波）との相互作用に関する焦点を明確化している。

第3章では、中国・青島の沿岸空間を対象として、回復的視聴覚景観の評価フレームワークを構築し、公園・遊歩道・広場・海岸の各タイプにおける視覚・聴覚要素を特定を行っている。

第4章では、海岸など異なる沿岸景観のストレス回復効果を、仮想現実による没入型体験を用いて評価し、主観的反応、心拍変動（HRV）、脳波（EEG）データからその効果を実証している。

第5章では、音環境に着目し、鳥のさえずりなど自然音がストレス緩和に寄与することを明らかにしている。特にリラックス状態・自律神経バランスの向上が確認され、副交感神経活動の活性化が示されている。

第6章では、視聴覚刺激の相乗効果を検討し、「波音＋遊歩道」や「音楽＋公園」などの組み合わせが特に高い回復効果を有することを示し、副交感神経優位の促進が確認されている。

第7章では、研究の総括とともに、都市沿岸空間における回復環境設計のための具体的な指針を提案している。

本論文は、都市化によるストレス環境への対処として、沿岸公共空間における視聴覚景観の回復効果を、主観評価および生理指標に基づいて実証的に明らかにしたものである。理論的枠組みの構築から実験設計、実測・解析に至るまで体系的に展開されており、都市環境デザインにおける新たな知見と実践的指針を提供

している。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ジー トントン 姫 彤彤（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 2 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	Research on thermal comfort improvement for the rural elderly in the Guanzhong region: an age-stratified analysis of residential environments （中国関中地方における農村高齢者の熱的快適性向上に関する研究 ― 年齢層別の居住環境分析を通じて ―）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 白石 靖幸 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 今井 裕之 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（環境科学））

論文内容の要旨

Against the backdrop of population aging and increasing energy efficiency demands, ensuring thermal comfort for rural elderly individuals has become a critical issue. In the cold regions of China, traditional housing often lacks adequate insulation and heating, resulting in discomfort among elderly residents. This study focuses on rural dwellings in the Guanzhong region, examining the thermal comfort of elderly individuals across different age groups. The effects of age-specific temperature and humidity settings were evaluated through field measurements and simulations using Design Builder. Results show that personalized thermal strategies, combined with passive design improvements and ASHP systems, can significantly reduce energy consumption by up to 50.1% in new buildings and 20.3% in traditional ones, while improving comfort. The study contributes to developing age-responsive, energy-efficient housing for cold rural areas. The structure is explored as follows:

Chapter 1 introduces the issue of aging populations, emphasizing the thermal comfort challenges faced by elderly residents in rural Guanzhong. It defines the research objectives and framework, based on identified gaps in age-specific comfort studies.

Chapter 2 reviews thermal comfort theory with a focus on aging, highlighting differences between urban and rural elderly. It identifies a lack of studies on age-segmented comfort in rural environments, especially across seasons.

Chapter 3 outlines the study site and mixed-methods approach, combining surveys with environmental measurements. It introduces comfort indices and validates data quality for accurate simulation.

In Chapter 4, based on field data, this chapter explores seasonal thermal conditions and how age, clothing, and behavior affect elderly thermal comfort. Key metrics like neutral temperature and humidity tolerance are analyzed by age group and building type.

In Chapter 5, simulations reveal how passive design elements such as insulation and orientation influence elderly thermal comfort and energy use. The chapter selected the best passive strategy combination for traditional and modern dwellings.

Chapter 6 applies age-specific design strategies and evaluates air-source heat pumps. Results show that combining passive and active strategies improves elderly thermal comfort and energy efficiency.

Chapter 7 confirms that tailored design improves elderly thermal comfort

while saving energy. Future research should include smart control systems, extreme weather scenarios, and long-term monitoring.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国関中地方の寒冷地域において、高齢者の年齢層に応じた熱的快適性の改善を目的に、農村住宅の居住環境を分析・評価したものである。人口高齢化が進行する中、特に寒冷地における農村部では、伝統的住宅の断熱性や暖房性能が不十分であり、高齢者の健康や生活の質に深刻な影響を与えている。本研究はこの課題に対し、年齢層別の快適性特性に着目し、パッシブ手法と空気熱源ヒートポンプ（ASHP）を組み合わせた戦略的改善案を提示している。

第1章では、農村の高齢化と住宅の熱環境面での課題を整理し、本研究の目的と枠組みを設定している。

第2章では、加齢に伴う温冷感の変化や都市と農村間での高齢者の熱的要求の違いを整理し、農村における年齢層別の快適性に関する知見の不足を明らかにした。

第3章では、関中地域の住宅を事例対象とし、質問票による温冷感のヒアリング調査と環境測定を組み合わせた混合手法による快適性の定量的把握を行う調査手法を説明している。また、設計支援に用いた DesignBuilder によるシミュレーション精度の検証を行っている。

第4章では、実測データに基づき、年齢、着衣量、活動パターンの違いが熱的快適性に及ぼす影響を分析し、年齢層ごとの中立温度や湿度許容範囲を明らかにした。

第5章では、断熱材や建物方位などのパッシブデザイン要素が、居住者の快適性およびエネルギー消費に与える影響をシミュレーションにより評価し、伝統的住宅と新築住宅それぞれに最適な設計方法を導出している。

第6章では、ASHP を導入したアクティブな温熱環境改善手法とパッシブ要素の統合効果を検証し、年齢層別に最適化することで、新築住宅では最大 50.1%、既存住宅では 20.3%のエネルギー削減効果が得られることを示した。

第7章では、年齢層に応じた設計手法が快適性と省エネルギーの両立に有効であることを総括した。

以上より、本論文は、高齢者の熱的快適性に年齢層別の視点を導入し、実測とシミュレーションを組み合わせた方法で具体的改善策を提示した。経済的に限界のある寒冷農村地域でのエネルギーの効率的な利用と高齢者の生活環境の質を両立させる貴重な知見を提供している。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	シュウ ゲツ 周 月（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第323号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Understanding public low-carbon behavior through green consumption practices and low-carbon technology acceptance （グリーン消費の実践と低炭素技術の受容を通じた公共の低炭素行動に関する実証的研究）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 上原 聡 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（情報工学））

論文内容の要旨

This dissertation explores the behavioral mechanisms underlying public low-carbon actions, focusing on green consumption and low-carbon technology acceptance. Through a multi-method empirical framework, this study investigates key influencing factors, behavioral pathways, and policy implications, combining quantitative analysis, behavioral modeling, and experimental approaches.

Chapter 1 introduces the research background, objectives, and significance. It emphasizes the role of public behavior in achieving carbon neutrality goals and sets the foundation for dual-path analysis: everyday green consumption and the acceptance of emerging low-carbon technologies.

Chapter 2 reviews relevant literature and theoretical models, including the Theory of Planned Behavior (TPB), Value-Belief-Norm (VBN) theory, and technology acceptance frameworks. It clarifies the conceptual structure of the study and identifies gaps in existing behavioral and technology adoption research.

Chapter 3 outlines the overall research design and methodology. It details survey instruments, intervention strategies, and data analysis processes, supporting the application of diverse methods across three empirical studies.

Chapter 4 presents the first empirical study, which applies a structured evaluation framework to identify and rank the relative importance of key factors influencing green consumption behavior among Chinese university students.

Chapter 5 reports on a study of plastic bag use reduction behavior, using behavioral modeling to evaluate the effects of perceived convenience, policy enforcement, and psychological constructs within an extended TPB framework.

Chapter 6 investigates public acceptance of Carbon Capture and Storage (CCS) technology through an information intervention experiment and behavioral analysis. It examines how risk perception, trust, and demographic factors influence acceptance mechanisms under different framing conditions.

Chapter 7 summarizes the key findings, highlights theoretical and practical implications, and outlines future research directions. By integrating multi-level evidence, this dissertation contributes to a deeper understanding of public low-carbon behavior and offers guidance for sustainable consumption and low-carbon transitions.

論文審査の結果の要旨

本論文は、公共における低炭素行動の行動メカニズムを解明することを目的とし、グリーン消費および低炭素技術の受容に焦点を当てている。定量分析、行動モデリング、実験的手法を統合した多角的な実証枠組みにより、行動に影響を与える要因や行動経路を明らかにしている。

第1章では、研究の背景、目的、意義を述べている。

第2章では、計画的行動理論（TPB）、価値・信念・規範理論（VBN）、技術受容モデルなどの関連文献と理論的枠組みを整理し、本研究の概念構造を明確にし、課題を提示している。

第3章では、全体的な研究設計と方法論を示し、調査及びデータ分析の手法について詳述している。

第4章では、構造化された評価枠組みに基づき、中国の大学生におけるグリーン消費行動に影響を与える主要因の相対的重要性を特定し、順位付けを明らかにしている。

第5章では、拡張された TPB モデルを用い、知覚された利便性、政策の強制力、心理的要因がプラスチック製レジ袋使用削減行動に与える影響を評価した実証分析を行っている。

第6章では、情報介入実験および行動分析を通じて低炭素技術に対する公共の受容を検討し、リスク認知、信頼、人口統計的要因が、異なる情報提示条件下において受容メカニズムに与える影響を明らかにしている。

第7章では、主要な研究成果を総括し、理論的および実務的意義を示すとともに、今後の研究課題と展望を提示している。

本論文は、公共の低炭素行動に関する行動メカニズムを多面的に解明し、グリーン消費および低炭素技術の受容を対象として、理論構築と実証的分析を体系的に行ったものである。定量分析、行動モデリング、実験手法を統合した研究枠組みにより、政策立案にも資する実践的かつ理論的な知見を提示しており、環境行動分野に大きく寄与している。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ジ ョ モクエイ 徐 沐荣（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第324号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Flotation-Enhanced Biomass Fly Ash as a Cement Substitute: Influence of Oxide Composition on Strength Development （浮遊選鉱法により改質した木質バイオマス燃焼灰のセメント 代替材としての活用：酸化物組成が強度発現に与える影響）
論文審査委員	主 査 高巢 幸二 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 小山田 英弘 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 陶山 裕樹 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study investigates the potential of biomass fly ash (BFA) as a sustainable supplementary cementitious material by combining flotation pretreatment with synergistic blending strategies. Flotation was employed to reduce unburned carbon and improve pozzolanic reactivity, while binary combinations of low- and high-reactivity BFAs were evaluated for performance enhancement. Experimental results revealed that this integrated approach significantly improves compressive strength and hydration behavior, even for BFAs that do not meet standards individually. The findings provide a practical and scalable pathway for utilizing heterogeneous BFA sources in low-carbon cementitious systems.

CHAPTER 1: Research Background and Purpose of the Study Introduces the carbon emission challenges of traditional power generation and the rise of biomass power. Highlights the waste management issues from increasing BFA production and presents flotation as a potential solution to enhance BFA usability in cementitious systems.

CHAPTER 2: Previous Literature Review Reviews global fly ash utilization, flotation principles, and the pozzolanic potential of BFA. Lays a theoretical foundation for applying BFA as a sustainable cement substitute.

CHAPTER 3: Research Method Describes the experimental setup, including flotation system development, mortar mix designs, and analytical methods such as XRF, XRD, SEM, TG/DTA, and CH/PEC measurements.

CHAPTER 4: Flotation Modification and Applicability Confirms flotation significantly improves the reactivity of BFA, allowing it to meet JIS standards. Emphasizes the influence of oxide composition and the need for pre-use screening.

CHAPTER 5: Wet Surface Modification Demonstrates that modified FA has higher reactivity and temperature-dependent behavior. Highlights the relationship between FA reaction rate, CH consumption, and strength development under varying curing conditions.

CHAPTER 6: Synergistic Blending of BFAs Shows that binary blending of BFAs yields synergistic improvements in strength and pozzolanic activity. Validates that flotation combined with composition-guided blending is an effective strategy for utilizing diverse BFA types.

論文審査の結果の要旨

本論文は、改質処理したバイオマスフライアッシュ（BFA）をコンクリート用混和材料として活用する可能性を検討したものである。浮遊選鉱法による改質処理は未燃炭素を低減し、BFA のポゾラン反応性を向上させるために用いられた。さらに、反応性の低い BFA と高い BFA を組み合わせて使用することにより、その性能が向上するか評価したものである。論文は以下の 7 章で構成されている。第 1 章では、従来型の火力発電による CO₂ 排出の課題と木質バイオマス発電の概要について説明している。第 2 章では、世界におけるフライアッシュ利用の現状、浮遊選鉱処理の原理、ならびに BFA のポゾラン活性に関する先行研究を網羅的にレビューし、BFA を持続可能なセメント代替材料として応用するための理論的基盤を整理した。第 3 章では、浮遊選鉱処理システム、モルタル調合設計、ならびに各種分析手法（蛍光 X 線分析、粉末 X 線回折分析、走査型電子顕微鏡、示差熱・熱重量分析、水酸化カルシウム消費量分析等）の詳細な方法について述べている。第 4 章では、浮遊選鉱処理が BFA の反応性を大きく改善し、酸化物組成が BFA の反応性に強く影響を与えることを示し、処理後の BFA は日本産業規格のコンクリート用フライアッシュの要求基準を満たすレベルにまで達することを明らかにした。第 5 章では、浮遊選鉱処理を施した BFA が、養生温度によるモルタル性能の変化にも対応可能であることを示し、BFA の反応速度、水酸化カルシウム（CH）の消費量、圧縮強度の発現との間に明確な相関関係があることを明らかにした。第 6 章では、反応性の異なる BFA を混合することで、単独使用では得られない強度向上やポゾラン反応性の増進が見られることを示した。これにより、浮遊選鉱法による改質処理と組成に基づく混合組合せが、多様な BFA の効率的かつ効果的活用にも有効であることを検証でき、コンクリート混和材としての要求水準を満たさない BFA であっても、その硬化特性を大幅に改善できることを明らかにした。これらの成果は、多種多様で不均質な BFA を低炭素型セメント系材料の資源として実用的かつ多量に活用するための有効な道筋を示している。第 7 章では、得られた成果をまとめると共に今後の展望を示して結論とした。上記に示したように、本論文はコンクリート工学分野において新しい知見を与える有用性に富んだ実測・実験研究で信頼性が高く学術的に価値があり優れた効用効果を有する論文であると認められる。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ アンアン 張 安安（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第325号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Research on assessing resettled residents' adaptation in urban villages based on spatial production theory （空間生産理論に基づくアーバンビレッジ再定住者の適応性評価に関する研究）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 木原 隆典 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術））

論文内容の要旨

The demolition and resettlement of urban villages is a new urbanization strategy widely used by the Chinese government. This is a massive development intervention designed and implemented by the Chinese government to promote the relocation and resettlement of the rural-to-urban population. However, limited research has focused on how rural residents adapt to their new urban lives within these large-scale

relocation and resettlement projects. This paper aims to analyze this adaptation process. This study employs Lefebvre's spatial production theory, based on a survey of 256 resettled residents in Qingdao, China, using a structured questionnaire and statistical analysis software SPSS24.0 to quantitatively evaluate the adaptability of resettled residents from three dimensions: material space, institutional space, and social space. Descriptive statistics and correlation analyses were conducted to explore the relationships among these dimensions. Our findings reveal an association between high adaptation levels and urban resident identity recognition among the resettled residents. Our research findings raise more substantial concerns about the transparency of government decision-making and the community participation of resettlers in the current resettlement process. These findings underscore the complexity of a smooth transition from farmer to urban resident amidst rapid changes, challenging the simplistic narrative of such a transformation.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国のアーバンビレッジ再開発に伴う再定住者の適応プロセスを、ルフェーブルの空間生産理論に基づいて多角的に分析・評価した研究である。再定住者を対象としたヒアリング調査と、統計分析を活用した定量的な評価手法を組み合わせ、その適応性を物質的空間、制度的空間、および社会的空間の3つの次元から明らかにすることを目的としている。

第1章では、中国政府が大規模な再開発プロジェクトを進める中で、再定住者が新たな都市生活に適応する過程に注目した研究の背景を述べている。

第2章では、既存研究と、空間生産理論の都市再生への応用可能性について考察し、空間生産理論が、アーバンビレッジ再開発における再定住者の物質的、制度的、社会的な適応プロセスを分析する上で有効な理論的枠組みとなることを指摘している。

第3章では、事例として中国青島市のアーバンビレッジを選定し、その都市化の歴史的段階と空間変容の特性を分析し、村落が、伝統的な漁村から工業村、アーバンビレッジ、そして最終的な再定住地へと変容していく過程を明らかにしている。

第4章では、再定住者の視点に立った適応性評価システムの構築方法について詳述し、評価指標の選定原則、スクリーニング方法、および階層分析法（AHP）とファジィ総合評価法を組み合わせた具体的な評価プロセスを示している。

第5章では、青島市のケーススタディに基づき、物理的空間、制度的空間、社会的空間の各次元における再定住者の適応状況を評価し、物理的空間と制度的空間への適応度は高い一方で、社会的空間への適応度は低いことを明らかにした。また、再定住者の多くが「村人」としてのアイデンティティを維持し、関連機関の意思決定への参加や透明性に対して不満を抱いていることを明らかにした。

第6章では、再定住者の視点から見た課題を整理し、制度的な保証として、公共参加の促進、再定住者の雇用支援、社会保障制度の改善などを提案している。

第7章では、結論として、アーバンビレッジの再開発は単純な空間の物理的変化だけでなく、再定住者のアイデンティティ、社会や制度への適応を伴う複雑なプロセスであることを強調している。

以上、本研究は、アーバンビレッジ再定住者の視点から適応性を定量的に評価する独自のフレームワークを構築し、再開発の複雑な実態を解明した点が高く評価できる。都市再開発政策への貴重な指針を提示し、都市計画分野にも大きく貢

献する。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ テンヤン 张 天阳（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 6 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on optimization of distributed multi-energy coupling system for heating peak-shaving (暖房ピークカットのための分散型マルチエネルギー連携システムの最適化に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 保木 和明 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 孫 連明 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

Climate change is accelerating the global shift from fossil fuels to renewable energy. To reduce reliance on traditional energy in severely cold regions and improve heating quality under fluctuating loads, this study develops a novel distributed multi-energy heating peak-shaving system (DHPS). The proposed retrofit scheme integrates solar thermal collectors, thermal storage tanks, and absorption heat pumps into existing heat exchange stations, enabling flexible dual-mode regulation for effective peak-shaving of conventional district heating networks.

Chapter 1 introduces the need to enhance peak-shaving capabilities in the context of energy crises and carbon reduction targets. It highlights key challenges in traditional heating systems—namely, high energy consumption, limited flexibility, and poor economic performance—then presents DHPS as a solution. The research framework includes system modeling, optimization analysis, and techno-economic evaluation.

Chapter 2 reviews the development of multi-energy coupling heating systems and related optimization methods, analyzing system structures, core technologies, and representative algorithms. A bibliometric study traces research frontiers and highlights efficiency and cost disparities among system configurations, providing theoretical support for this study.

Chapter 3 details system parameters, data sources, and modeling approaches. Dynamic simulation and multi-objective optimization are employed to balance energy efficiency, cost-effectiveness, and carbon reduction. Model reliability is validated through error analysis.

Chapter 4 investigates the subsystem combining solar collectors and absorption heat pumps. By incorporating the heat load duration curve of a retrofitted heat exchange station, the optimal peak-shaving coefficient $\theta=0.5$ is identified. Simulation results show improved internal temperatures and flow rates, enhancing waste heat utilization.

Chapter 5 introduces the complete DHPS with two operating modes for peak and off-peak periods. System performance under different peak-shaving intensities is evaluated through simulation. Compared with traditional peak-shaving boiler systems, DHPS significantly improves primary energy efficiency, reduces combustion emissions by nearly 40%, and shortens the static payback period—demonstrating both technical and economic feasibility.

Chapter 6 proposes a novel hybrid strategy-enhanced optimization algorithm (NHS-EOA), which combines NSGA-II and Harris Hawks Optimization. This hybrid improves global search performance and

convergence for complex multi-objective problems. The relationships among energy consumption, payback period, and emissions are analyzed to determine optimal retrofit parameters for heat exchange stations of various scales. Economic sensitivity analysis reveals the impact of electricity prices, carbon taxes, and fuel costs on system viability.

Chapters 7 and 8 provide comparative analysis with previous studies and summarize the system's comprehensive advantages. Both qualitative and quantitative results confirm DHPS's superior performance in peak shaving, energy savings, and economic returns. Limitations, such as low solar collection efficiency, are acknowledged, along with improvement directions.

This study innovatively integrates clean energy technologies into retrofitted heating stations and pioneers a hybrid evolutionary algorithm for solving complex multi-objective problems. The results offer theoretical insights and practical guidance for promoting low-carbon, high-efficiency, and intelligent district heating in cold regions.

論文審査の結果の要旨

本研究は、寒冷地域における暖房ピークカットを目的とした分散型マルチエネルギー連携システム（DHPS）の最適化開発として、既存の熱交換ステーションに太陽熱集熱器、蓄熱タンク、吸収式ヒートポンプを組み込むことで、ピーク時間帯および通常時間帯におけるエネルギー供給の柔軟性を高め、暖房効率の向上と脱炭素化を実現することを目的としている。

第1章では、エネルギー問題と脱炭素化の要請を背景に、従来の集中型暖房システムに内在する課題を整理し、本研究の目的および学術的・実務的意義を明確にした。

第2章では、既往研究のレビューを通じて多エネルギー連携暖房システムの構成方式や最適化技術を比較し、最適なモデルと手法を選定することで、本研究の新規性と実現可能性を示した。

第3章では、動的性能シミュレーションと多目的最適化の数値モデルを構築し、エネルギー効率・経済性・脱炭素の評価指標を設定し、誤差分析によりモデルの妥当性を検証した。

第4章では、太陽集熱器と吸収式ヒートポンプによるサブシステムの最適動作条件を検討し、実熱負荷曲線の解析からピークカット効果と廃熱利用効率の向上を示した。

第5章では、最適化されたシステム性能の比較を通じて、本システムは従来のボイラー方式に比べてCO₂排出量の大幅な削減が可能であり、一次エネルギーの利用効率にも優れていることを明らかにした。また、通常は数年を要する投資回収期間についても、特定条件下で短縮が可能であることを示した。

第6章では、最適化アルゴリズムを用いて大・中・小規模の熱交換ステーションの解析を行い、規模ごとに最適化空間やパラメータ相互関係が異なり、大規模は柔軟性が高く小規模は制約が強いこと、さらにエネルギー使用量とCO₂排出の線形関係および投資回収期間の非線形傾向を明らかにし、補助制度設計への示唆を得た。

第7章では、先行研究と比較し、提案DHPSが厳寒地域でも高性能を維持できることを示し、多様な規模への応用指針を明らかにした。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括した。

本論文は、寒冷地域における分散型マルチエネルギー連携ピークカット暖房システム（DHPS）の設計と最適化を通じて、暖房効率の向上および脱炭素化に向け

た実践的かつ高精度なアプローチを提案・検証したものであり、多様な規模や条件下でも高い適応性と経済合理性を示した点で、エネルギー工学および建築環境設計の分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	テイエン レイ 田 蕾（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 7 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on energy optimization and applicability of enhanced roof ventilation unit based on the venturi effect （ヴェンチュリ効果に基づく屋根換気ユニットのエネルギー最適化と適用性に関する研究）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高巢 幸二 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 寺嶋 光春 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術））

論文内容の要旨

Reasonable building ventilation design can effectively improve indoor thermal comfort and reduce energy consumption. Therefore, this study takes the traditional rammed earth dwellings in the Xichang, as its research object and conducts a systematic field investigation, including questionnaires with local residents and on-site measurements of representative buildings. Based on the collected data, an orthogonal experiment with 7 influencing factors and 4 levels was designed using data analysis software, and the ventilation performance of the enhanced roof ventilation unit (ERU) under different structural parameters was systematically analyzed. The optimal structural configuration of the ERU was ultimately determined. Further, the study explored the performance of the ERU under various wind conditions and evaluated its applicability across five major climate zones in China. To further improve the overall ventilation efficiency of buildings, the opening configuration of the ERU was also studied in depth. Key influencing factors were ranked according to their impact, and the optimal opening configuration was proposed. The main work and results of this study can be summarized as follows:

Chapter 1, this chapter systematically outlines the core objectives and research approach of the study by addressing the research background, significance, scope, and methodology.

Chapter 2, the chapter provides a comprehensive review of the fundamental principles of the Venturi effect and its research and applications in building ventilation. It also identifies current research gaps and calls for further studies on structural parameter optimization, integrated performance evaluation, and climate adaptability to support the practical application of Venturi-effect-based roof ventilation systems.

Chapter 3, the chapter reviews the fundamental theories of building and natural ventilation, and introduces the principles of orthogonal experimental design and the numerical simulation software used in this study.

Chapter 4, the chapter systematically analyzes the indoor ventilation conditions of traditional dwellings in Xichang by combining questionnaire surveys and on-site measurements with architectural features and local climatic conditions.

Chapter 5, the chapter investigates the application of Venturi caps in optimizing the natural ventilation of traditional dwellings in Xichang through numerical simulations and experimental models. It also introduces the concept of the Enhanced Roof Ventilation Unit (ERU).

Chapter 6, the chapter systematically evaluates the ventilation performance of the Enhanced Roof Ventilation Unit (ERU) under various wind conditions. It establishes regression equations relating ventilation performance to wind speed and direction, and verifies their applicability across ten representative cities in China's five major climate zones.

Chapter 7, the chapter comprehensively explores the optimization of ventilation performance using the Enhanced Roof Ventilation Unit (ERU) under different building opening configurations. The study systematically analyzes the influence and significance of six key factors—window height, window size, door size, window orientation, door orientation, and building orientation—on volumetric airflow, air age, ventilation efficiency (CVE), and comfort index (PD), and proposes an optimal configuration scheme.

Chapter 8, the chapter summarizes the main content and key findings of the study, outlines its academic and practical contributions, identifies limitations, and proposes directions for future research.

This study optimizes the roof ventilation system of traditional dwellings based on the Venturi effect, integrating structural parameters, climatic adaptability, and heritage preservation to enhance ventilation efficiency and indoor air quality. Theoretically, it expands the research framework of passive ventilation strategies; practically, it provides energy-efficient, healthy, and sustainable solutions for Xichang and similar regions. By addressing air pollution challenges caused by traditional living habits and biomass fuel use in ethnic communities, the study proposes a context-adapted and scalable design that supports building energy conservation and carbon reduction goals.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国四川省に見られる伝統的な版築住居を対象に、ヴェンチュリ効果を活用した屋根換気ユニット（ERU：Enhanced Roof Ventilation Unit）の最適化と中国の主要な気候区における適用性を評価することを目的としている。

第1章では、本研究の背景と目的、研究の意義を述べ、換気の空気質や熱環境への影響と、伝統的建築における換気設計の問題点をまとめている。

第2章では、ヴェンチュリ効果の原理と建築の換気システムへの応用に関する既往研究を整理し、研究動向と課題を述べている。

第3章では、自然換気による建築換気手法を説明し、直交実験計画法と数値解析ソフトの導入を通じた研究方法を説明している。

第4章では、実地調査と住民アンケートを通じて、西昌における伝統住宅の室内換気状況を詳細に分析し、地域気候と建築形態が換気に与える影響を明らかにしている。

第5章では、ERUの導入効果を数値シミュレーションにより検証し、従来の換気方式に対する改善効果が定量的に示されている。

第6章では、中国の五つの気候区を代表する10都市を対象に、風速や風向条件下でのERUの性能を回帰分析により評価し、その汎用性と気候適応性を明らかにした。

第7章では、開口部構成の最適化に焦点を当て、6つの主要因（窓の高さ・大きさ・向き、ドアの大きさ・向き、建物の向き）について換気効率、空気齢、快適度（PD）などとの関係性を分析し、設計時の具体的な知見をまとめている。

第8章では、研究成果のまとめと意義、研究課題を述べている。特に、伝統的生活様式や現状の室内での燃焼による空気汚染への対応策として、ERUの導入が有効であることを示唆している。

以上、本研究は、伝統建築の文化的価値を尊重しつつ、現代の課題である省エネルギー・室内空気質の改善を同時に達成するパッシブ換気を提案したものである。伝統建築が多く残る中国の現状を踏まえた実用的で有効な解決手法を示し、建築環境工学及び省エネルギー分野に大きく貢献する研究である。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ピョウ 毕 康（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 8 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Research on equipment-driven automated construction technology using arm-type robot （アーム型ロボットを用いた装置駆動型自動化建設技術の研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 白石 靖幸 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 城戸 将江 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 西浜 章平 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This thesis presents an integrated "design-manufacture-build" paradigm which tackle the construction industry's challenges of a shrinking workforce and low productivity. The approach delivers an end-to-end automated construction ecosystem by combining three key innovations:

- 1.A spatial printing strategy using a six-axis industrial-arm hybrid system for fabricating high-stiffness structural modules.

- 2.A mobile construction platform with millimeter-level accuracy for transcending the fixed-radius constraint of robotic manipulators.

- 3.A ROS-Grasshopper data bus that allows real-time trajectory guidance and the flight correction.

The integrated system was validated through an on-site simulation of modular timber stacking, which demonstrated significant improvements over manually methods in speed and accuracy, This framework establishes a "material-printing-move-build" methodology, offering a significant step toward a more efficient and intelligent built environment.

Chapter 1 – Introduction

This chapter begins by outlining the industry's twin challenges—labor shortages and low productivity—and the timely opportunity presented by the integration of digital manufacturing and on-site construction. Through a systematic review of related domestic and international work, it identifies the research gap in the deep integration of additive manufacturing, robotics, and visual localization within construction automation, and distills the study's objectives and technical roadmap.

Chapter 2 – Research Methodology

Building on the Introduction, this chapter presents the overarching methodology that underpins the entire thesis. It first summarizes a ten-stage closed-loop automated construction workflow, then explains how the design–manufacture–construct data chain is realized within the Rhino & Grasshopper environment. This framework both provides a common reference for subsequent core chapters and defines the metrics for experimentation, evaluation, and validation.

Chapters 3–5 (Core Research, demarcated by a blue dashed frame)

These three chapters constitute the thesis's central contributions, each addressing one of the key technical barriers—printing, positioning, and on-site construction:

Chapter 3 Research on 3D-Printing-Tool-Driven Additive Construction Methods

Focuses on the additive manufacturing stage. Centered on an FDM–industrial-robot hybrid system, it introduces a “spatial printing” strategy, completes material selection and process optimization, and iteratively develops full-scale printing hardware, laying the foundation for batch fabrication of high–stiffness-to-weight architectural components.

Chapter 4 – Research on Real-Time Monocular Visual Positioning System for Mobile Robotic Construction with Automated Error Compensation

Addresses the precision-localization challenge. By integrating UWB/IMU-fused navigation with AprilTag monocular vision, and combining a camera–error model with an online interpolation-compensation algorithm, the system elevates end-effector localization accuracy to the millimeter scale. Real-time trajectory guidance is implemented via a ROS–Grasshopper data bus.

Chapter 5 – Research on Integrated-Equipment-Driven Automation for On-Site Construction Processes

Targets on-site implementation. Using modular timber stacking as a test case, it transfers the printing and positioning advances from the previous chapters to a mobile construction platform (MCP), executing a fully automated workflow—from factory prefabrication through logistics deployment to on-site assembly—and systematically evaluates its efficiency, accuracy, and robustness.

Chapter 6 – Conclusions and Future Research

Summarizes the thesis’s contributions, highlighting its academic and practical value. It then outlines prospective research directions—such as sustainable printing materials, on-site fabrication of freeform components, and multi-robot collaboration—thereby re-emphasizing the industry needs articulated at the outset.

論文審査の結果の要旨

本研究は、建設業界が直面する労働力不足と生産性の低さという課題を解決するため、「設計-製造-施工」を統合した自動化建設システムの構築を目指し、積層造形、モバイルロボット、リアルタイムビジュアルローカリゼーションを組み合わせた、アーム型ロボットによる新たな装置駆動型の建設技術を提案し、その実用性を検証している。

第1章では、デジタル技術の統合がもたらす可能性を提示し、関連研究のレビューを通じて、建設自動化における積層造形、ロボティクス、ビジュアルローカリゼーションの統合が未開拓の研究分野であることを指摘し、本研究の目的を定めている。

第2章では、研究方法を述べている。自動化された建設ワークフローを10段階の閉ループプロセスとして定義し、Rhino & Grasshopper 環境内で設計から施工までのデータチェーンを一貫して処理するフレームワークが全体の基礎となっていることを説明している。

第3章では、積層造形段階に焦点を当て、建築スケールでのFDM（熱溶解積層法）の限界を克服するため、6軸産業用アームとFDMを組み合わせたハイブリッドプリンティングシステムを開発している。高剛性・高強度な軽量構造モジュールを製造するため、大量のプラスチックビーズを効率的に射出可能なノズルを開発し、温度、射出量などのプロセスパラメータの最適化を行った。材料選定では持続可能な木質プラスチック複合材（WPC）を検討し、建築コンポーネントのバッチ生産の基礎を築いている。

第4章では、モバイルロボットの精密な位置特定の課題に取り組んでいる。IMU（慣性計測装置）とQRコードを統合したシステムを設計し、カメラエラーモデルとリアルタイム補間補償アルゴリズムを実装することで、エンドエフェクタの位置特定精度をミリメートルレベルにまで高めている。さらに、ROS(Robot Operating System)とGrasshopperをデータバスとして活用することで、ロボットマニピュレータの経路をリアルタイムで指示し、移動中の補正を可能にしている。

第5章では、前章の成果を現場で実装した実験を行なっている。モジュール化された木材の積み重ねをテストケースとして、モバイル建設プラットフォーム（MCP）上で完全に自動化されたワークフローを実証した。実験結果は、本システムが手動による方法を再現性、動的追跡、全体的な建設速度の面で大幅に上回る可能性があることを示している。

第6章では、本研究の学術的・実用的価値を総括している。

以上、本論文は、建設自動化における「材料-印刷-移動-構築」の一貫した手法を前提に、アーム型ロボットによる建設現場の自動化を実現するための革新的なフレームワークを提供している。建設業界の生産性向上と持続可能性に大きく貢献し、今後の建設技術の発展に新たな方向性を示すものである。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	リ サンサン 李 珊珊（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 2 9 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on the impacts of radiant cooling on students' thermophysiology and cognitive performance （放射冷房が学生の熱生理と認知能力に及ぼす影響に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 藤澤 隆介 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study investigated the dynamic physiological regulation, thermal comfort, and cognitive performance of indoor subjects under traditional air conditioning cooling environments, radiant whole-wall cooling (RWWC) systems, and radiant wall/ceiling cooling environments.

Chapter 1 provides the background and purpose of the study. The study examines the status, challenges, and opportunities in developing radiant cooling in modern buildings, culminating with the aims, significance, and framework of the research.

Chapter 2 outlines the significant contributions of sensing technologies and machine learning (ML) in advancing the field of thermal environment management, while identifying current limitations and areas for future research.

Chapter 3 presents the methodology for the study, including physiological and psychological mechanisms, methods for evaluating attention capacity, and the experimental methods used.

Chapter 4 explores both thermal comfort and cognitive performance under traditional air conditioning cooling conditions. The primary goal is to identify the optimal thermal comfort for students during the summer season when indoor temperatures often need to be regulated.

Chapter 5 details an experimental study exposed to various ambient temperatures under a radiant whole-wall cooling system. The study was designed to examine the interactions among indoor physical conditions, physiological responses, cognitive performance, and subjective thermal perception. Data collection focused on environmental parameters, physiological indicators, performance metrics, and perceptual evaluations.

Chapter 6 investigates the effects of two asymmetric radiant cooling configurations—radiant ceiling cooling and radiant wall cooling—on human thermal comfort, cognitive performance, and physiological responses. The study aims to determine how panel placement in RC systems influences student comfort and performance, providing insights for thermal environment design.

Chapter 7 provides a comprehensive summary and reflection on the findings of the previous chapters.

論文審査の結果の要旨

本研究は、異なる放射冷房方式の室内環境において、被験者の動的な生理的応答、熱的快適性、および認知パフォーマンスを比較調査したものである。

第 1 章では、放射冷却技術の現状と課題を概観しつつ、本研究の目的、意義、研究枠組みを明確に提示している。

第 2 章では、熱環境制御に関するセンシング技術および機械学習の活用について述べ、現状分析と今後の研究課題を明確に整理している。

第 3 章では、生理的・心理的メカニズム、注意力の評価手法、実験設計等に関して研究の方法論を体系的に示している。

第 4 章では、従来型空調による冷却条件下における熱的快適性および認知パフォーマンスについて検討し、夏季の室内温熱環境における、熱快適性の最適条件を明らかにしている。

第 5 章では、夏季を想定した放射式全面壁冷却環境において、被験者を対象とした実験を通じて、環境温度の変化に対する生理的反応、認知機能、主観に基づく熱的知覚の関係を多角的に分析し、熱的快適性と認知能力の関係を明らかにしている。

第 6 章では、放射天井冷却および放射壁面冷却という非対称な放射冷却配置が、被験者の熱的快適性、認知機能、生理的反応に及ぼす影響を検討し、パネル配置の違いが居住者の快適性やパフォーマンスに与える効果を明示している。

第 7 章では、研究成果の総括とともに、今後の課題について考察している。

本論文は、異なる放射冷房方式における熱的快適性、認知パフォーマンス、生理的応答の相互関係を実験的に明らかにし、室内環境設計に関する新たな知見を提供している。その成果は、建築環境工学分野における学術的・実務的貢献として高く評価できるものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	リュウ カ 刘 科（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 0 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on the basic properties of carbon removal modified fly ash-based geopolymers for 3D printing (3D プリンティング用カーボン除去改質フライアッシュベース ジオポリマーの諸特性に関する基本的研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 高 巢 幸二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 陶山 裕樹 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 杉原 真 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

To provide a theoretical basis and technical strategies for producing eco-friendly, low-carbon materials through the utilization of solid waste fly ash. My PHD thesis investigated the optimal pre-stirring time for flotation pretreatment and the feasibility of using waste fried oil (WFO) as a substitute for kerosene as a collector. The flotation performance was analyzed and economic analysis of WFO as a collector was performed for circulating fluidized bed furnace fly ash and pulverized coal furnace fly ash. The interaction mechanism between WFO and fly ash was analyzed using contact angle, Fourier-transform infrared spectroscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy tests. Subsequently, low-carbon modified fly ash (MFA) was prepared by froth flotation using WFO as the collector. Rheological properties of MFA-based 3DPG incorporating ground granulated blast furnace slag (GGBS) and silica fume were carefully investigated. Particle packing, water film thickness, and calorimetric experiments were conducted to clarify the hidden mechanism of the varied rheological properties. And preliminary printability verification tests were conducted on the selected 3DPG material. Additionally, based on the optimized MFA-based 3DPG mix proportion, polypropylene (PP) fibers with different lengths (6 mm and 12 mm) and contents (0.1%, 0.15%, and 0.2%) were added to study their effects on the fluidity, time-dependent rheology, and printability of the mixtures. The effects of PP fibers on the mechanical properties and freeze–thaw resistance of MFA-based 3DPG were also analyzed. This research is of great importance for reducing the carbon emissions of 3D-printed concrete and promoting the practical engineering application of 3DPG.

論文審査の結果の要旨

本論文は、浮遊選鉱法による石炭灰（CFA）中の未燃炭素除去技術を活用することで、低炭素な 3D プリントジオポリマー（3DPG）材料の製造に関する包括的な検討を行ったものである。廃棄物の高付加価値化および持続可能な建設材料の開発という、現代の重要な環境的・工学的課題に対して、革新的な戦略を提案している。論文は以下の 6 章から構成されている。第 1 章では、石炭灰の浮選処理および 3D プリントコンクリートに関する既存研究の動向をレビューし、現在の課題を整理した上で、研究目的と意義を明確にし、本論文の全体的な研究フレームワークを提示している。第 2 章では、CFA の浮遊選鉱処理における事前攪拌時間の効果に着目し、3 分間の攪拌が最適な未燃炭素除去効果をもたらすことを明らかにした。SEM および XPS による詳細な分析によりこの結果を裏付け、産業応用における浮遊選鉱効率の向上に有用な知見を与えている。第 3 章では、廃食用油(WF0)を浮遊選鉱用の捕集剤として活用し、従来の灯油に代替する手法を検討した。異なる石炭火力発電所由来の CFA（循環流動層灰および微粉炭灰）を用いて浮遊選鉱性能を比較し、FTIR、XPS、接触角試験により捕集剤との相互作用メカニズムを解明している。第 4 章では、改質石炭灰（MFA）を活性フィラーとする 3DPG のレオロジー特性および印刷適性を評価した。高炉スラグ微粉末（GGBS）およびシリカフュームの添加効果について、水膜厚さ、イオン放出量および発熱挙動の観点から系統的に分析し、プリント試験を通じて最適な調合設計を導き出している。第 5 章では、MFA を用いた 3DPG にポリプロピレン（PP）繊維を添加することにより、力学的特性、印刷適性、凍結融解耐久性が向上することを示した。特に、6 mm の長さで粉体に対して 0.2% 添加した PP 繊維を含む調合が、総合的に最も優れた性能を示すことを明らかにしている。第 6 章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の展望を示している。以上のように、本論文は、廃棄物の有効利用、グリーンバインダーの開発、および 3D プリンティング技術を有機的に融合させ、3D プリントコンクリートの二酸化炭素排出削減ならびにジオポリマーの実用的な工学応用の促進に大きく貢献している。したがって、本論文はコンクリート工学分野において新たな知見を提供する実測・実験に基づいた信頼性の高い研究であり、学術的にも極めて高い価値と有用性を有する優れた成果であると認められる。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	財 ユー 罗 宇（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 1 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Assessment of cooling effects of different urban outdoor spaces （異なる都市屋外空間の冷却効果の評価）
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 早見 武人 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Chapter 1 outlines the escalating challenges of urban thermal environments under climate change and rapid urbanization, which adversely affect public health and socio-economic systems. It positions Urban cooling infrastructure (UCI) as a critical mitigation strategy. The literature review identifies three major research gaps: insufficient analysis of spatial–functional heterogeneity, inadequate evaluation of social benefits, and limited understanding of the coupling mechanisms between thermal parameters and human perception. Accordingly, this study aims to systematically assess the thermal environmental characteristics and social benefits of UCIs, and to elucidate the interaction pathways among thermal environment, thermal comfort, and social benefits in different urban functional spaces, using the Mixc Chongqing and Longtang lake park as case studies.

Chapter 2 reviews the theoretical foundations related to urban outdoor spaces, thermal environment assessment, and UCIs, emphasizing three key limitations. First, a lack of spatial–functional heterogeneity analysis hinders the formulation of context-specific cooling strategies. Second, social benefits are insufficiently assessed, with most studies prioritizing physical cooling over social values such as user satisfaction, interaction, and place identity. Third, there is a scarcity of empirical studies examining the coupled pathways between thermal environmental factors and human perception and behavior.

Chapter 3 details the research framework, establishing a robust methodological basis. This study was conducted in Chongqing and selected two typical functional areas: the Mixc Chongqing and Longtang lake park. Field survey describes the survey design and data collection, defines key evaluation indicators for the thermal environment (e.g., mean radiant temperature— T_{mrt} , physiological equivalent temperature—PET) and social benefits, and outlines analytical methods, including spatiotemporal and correlation analyses, development of a spatial heat risk assessment model, and construction of a mechanism model linking thermal environment, thermal comfort, and social benefits of UCIs.

Chapter 4 presents empirical findings for the Mixc Chongqing, revealing pronounced spatiotemporal thermal heterogeneity. Open entertainment spaces (ENTS) showed the highest thermal loads due to their form and materials, while half-open commercial spaces (HoCS) achieved better thermal conditions and higher user comfort and social benefit ratings owing to architectural shading. Overall, users described the space as “hot and uncomfortable, yet still acceptable,” with strong demand for enhanced cooling,

shading, and ventilation.

Chapter 5 analyzes Longtang lake park, which exhibited a more favorable thermal environment than the commercial complex. Within the park, shading spaces (SHAS) effectively reduced radiant heat, improved both objective and subjective comfort, and received higher social benefit evaluations. Conversely, water spaces (WATS) performed poorly in thermal comfort and social benefit ratings, likely due to limited shading and heat-retaining hard surfaces. Although overall thermal sensations were milder than at the Mixc Chongqing, users still expressed a need for cooling and humidity regulation, particularly near water bodies.

Chapter 6 applies structural equation modeling (SEM) to elucidate interactions among the thermal environment, PET, subjective thermal comfort, and social benefits. In Mixc Chongqing, PET exerts both indirect effects via thermal comfort and direct negative effects on social benefits (“partial mediation”), whereas in Longtang lake park, the influence is entirely mediated through thermal comfort (“full mediation”). Thermal variables explain over 75% of PET variance, with thermal comfort exerting stronger influence in natural settings, highlighting the contextual dependency of UCI benefits.

Chapter 7 discusses the core findings, showing spatiotemporal variations in the thermal environment shape both thermal preferences and social benefits. High-exposure areas favor cooling and ventilation, while shaded, well-defined spaces achieve higher satisfaction, cohesion, and perceived value. The Mixc Chongqing’s “partial mediation” model links PET to social benefits through both thermal comfort and direct effects, while Longtang lake park’s “full mediation” model transmits PET’s effects exclusively through comfort, underscoring the context-dependent nature of UCI performance.

Chapter 8 summarizes the main findings, theoretical and methodological contributions, practical implications, and future directions. The results reveal urban functional spaces show clear spatiotemporal heterogeneity in thermal conditions and social benefits; subjective thermal comfort is the key mediator linking environment and social outcomes; and UCI benefits are context-dependent, with a partial mediation model in Mixc Chongqing and a full mediation model in Longtang Lake Park. Methodologically, the study develops a dual-dimensional framework and an integrated mechanism model, while practically it proposes differentiated strategies—commercial complexes should address both heat load and comfort, whereas parks should focus on natural microclimate regulation. Future research should extend these insights across various climates, seasons, and longer time scales to enhance the generalizability of UCI strategies.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市の多様な屋外空間において、都市冷却インフラ（Urban Cooling Infrastructure、以下 UCI）が熱環境や熱的知覚に与える影響メカニズムを解明することを目的とする。

第 1 章では、研究の背景・目的および論文構成を述べている。

第 2 章では、都市屋外空間と熱環境評価、UCI の理論的基盤と研究動向を整理し、空間機能の配慮不足、社会的便益評価の限定性、熱環境と人体感知の結合メカニズムに関する実証研究不足の三つのギャップを明示した。

第 3 章では、対象地の選定、データ収集方法、指標体系、分析手法を示し、中国重慶市の商業施設と水辺公園をケーススタディとして、現地測定とヒーリング調査により環境・知覚データを収集し、記述統計やスピアマン相関分析などで総合分析を行った。

第 4 章では、商業施設の熱環境・熱快適性・UCI の時空間分布を分析した。熱環境は空間的不均一性が顕著で、半開放型商業空間が開放型娯楽空間より多くの指標で優位であることを明らかにした。

第 5 章では、水辺公園の分析結果を示し、商業空間より優れた熱環境を確認した。特に木陰空間は冷却性能と社会的便益で最高評価だったが、水辺空間は相対的に効果が低かった。

第 6 章では、スピアマン相関と構造方程式モデリング（SEM）を用いて熱環境指標、生理学的等価温度（PET）、主観的熱快適性、社会的便益の相互関係を検討し、「熱環境→PET→主観的熱快適性→社会的便益」という関係構造を確認した。さらに、空間類型が伝達強度に大きく影響することを明らかにした。

第 7 章では、実証結果を統合的に解釈し、都市空間類型ごとの「熱環境－快適性－社会的便益」経路の違いを分析した。空間構造が感覚評価形成に与える影響や心理的調整効果を整理し、社会的便益生成のメカニズムを構築した。

第 8 章では、各章の知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、都市の屋外空間における冷却インフラが熱環境・熱的知覚・社会的便益に及ぼす影響を実証的に解明し、空間類型ごとの熱適応と価値創出の経路を明らかにした。特に、熱環境から快適性、社会的評価への連鎖における空間構造の媒介・調整効果を定量的に把握し、新たな知見を提供した。これらの成果は、都市計画・環境デザイン分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ロミ ブラマンティョ マーゴノ ROMI BRAMANTYO MARGONO（インドネシア）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 2 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Assessment tool development for adaptive reuse of vacant houses in Japan （日本における空き家のアダプティブ・リユースのための評価ツールの開発）
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 城戸 將江 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Adaptive reuse—the repurposing of vacant houses for new functions—offers a sustainable response to Japan’s growing vacancy issue. While gaining attention, it is often applied selectively due to limitations in building suitability. This study addresses gaps in understanding by exploring reuse motivations, identifying success factors, and developing an assessment tool to evaluate reuse potential. A mixed-methods approach was used, including literature review, expert interviews and field surveys of case studies in Fukuoka, Kyoto, Osaka, and Tokyo areas. Based on the topic of chapter, the data was categorized and analyzed by using relevant tools namely, correlation analysis, descriptive analysis, K-prototype and Relative Importance Index.

Chapter Overview

Chapter 1 – Introduction: Establishes research background, objectives, research scope.

Chapter 2 – Literature Review: Explores theoretical foundations of vacant house issue, adaptive reuse, evaluation frameworks.

Chapter 3 – Methodology: Details data collection methods and analytical frameworks.

Chapter 4 – Understanding User Dynamics in Adaptive Reuse of Vacant Houses

This chapter investigates the motivations, concerns, and technical adaptations of users in repurposing vacant houses. It also examines decision-making factors and links age demographics with vacancy trends.

Chapter 5 – The Characteristics of Adaptive Reuse of Vacant House Cases. Focusing on case studies, this chapter identifies key traits of successful reuse projects, such as building age, new function, accessibility, and population density. These characteristics help define best practices for future adaptive reuse efforts.

Chapter 6 – Assessment Tool: Vacant House Potential for Adaptive Reuse. This chapter introduces a tool for evaluating the reuse potential of vacant houses, drawing from previous literature and case insights.

Chapter 7 – Evaluation: The study’s outcomes are compared with initial hypotheses to assess accuracy and reliability. The chapter discusses any differences and outlines methodological lessons for future research.

Chapter 8 – Conclusion and Recommendation

The final chapter summarizes the study’s findings and offers practical recommendations for stakeholders. It also outlines future research directions to support sustainable urban development through adaptive reuse.

論文審査の結果の要旨

本研究は、日本における空き家のアダプティブ・リユースに関する利用者の動機や懸念を明らかにするとともに、成功事例の特性を分析し、再利用可能性を評価するための実用的なツールの開発を目的としている。

第1章では、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、国内外文献を整理し、空き家の定義・事例分類・再利用枠組み・評価手法を検討し、日本の評価ツール不足を指摘し、独自評価ツール開発の必要性を明確にした。

第3章では、文献調査、262件の事例調査、インタビュー、重要度指数（RII）分析やクラスタリング等を用いた混合型アプローチを採用し、質的・量的データを組み合わせて研究の信頼性と妥当性を高めた。

第4章では、大阪市と熊本市の再利用事例の分析と全国統計で築年数と空き家率の相関を確認した。再利用促進の要因として経済状況、立地、個人嗜好などが重要であることを明らかにした。

第5章では、全国262事例を用途・築年数・交通アクセス・人口密度でクラスタリングし、都市型・郊外型・農村型の3類型に分類した。

第6章では、専門家インタビューと32名の利害関係者アンケートを基に、RII分析等を用いて、再利用可能性に関する利害関係者の視点・経済性・法制度・環境の4側面および14の評価基準に基づく5段階評価ツールを提案した。

第7章では、得られた知見を統合的に整理し、意思決定において実利性と経済性が主要な要因であり、特定の空間条件が再利用に適することを確認した。さらに、開発ツールは戦略的判断を支援する有効な手段であることを示した。加えて、利害関係者の参加は再利用の促進要因であると同時に障壁にもなり得ることを明らかにした。

第8章では、各章の知見をまとめ、総括している。

以上、本論文は、日本における空き家のアダプティブ・リユースに関する利用者の動機や懸念を明らかにし、成功事例の特性を分析するとともに、再利用可能性を評価する実用的なツールを開発したものである。空き家再利用における空間条件、意思決定要因、利害関係者の役割を総合的に解明した点は、建築計画および都市計画分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ワシ チャオ 王 超（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 3 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Optimization of thermal comfort and energy demand in Japanese detached houses based on field evaluation and simulation (実測評価とシミュレーションに基づく日本の戸建住宅におけ る熱的快適性とエネルギー消費の最適化)
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 松田 鶴夫 (北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

This study is focused on indoor thermal comfort and adaptive modelling of detached houses. The case study selects more than 37 detached houses in Kitakyushu City for on-site investigation and research (5 for environmental measurements and 32 for questionnaire surveys) to explore strategies for improving indoor thermal comfort and reducing building energy demand.

Chapter 1 is the Research Background and Purpose. Introduces the increasing concern of residential energy use and thermal comfort under global energy crisis and climate change. This study focuses on optimizing detached house envelopes in Japan, aiming for both energy saving and comfort enhancement.

Chapter 2 is the Literature Review. Summarizes research on passive design, thermal comfort, building energy demand, and occupant behavior. Highlights the need for empirical data and targeted strategies for local detached houses.

Chapter 3 is the Research Methodology. Describes the methodology: field surveys, EnergyPlus simulations, and multi-objective optimization using genetic algorithms.

Chapter 4 is the Climate Adaptation Strategies. Analyzes seasonal temperature and humidity distributions and evaluates passive strategies using case studies.

Chapter 5 is the Indoor Thermal Environment and Adaptation. Evaluates indoor thermal comfort and adaptive behaviors under different heating modes. Calibrates the PMV model to better reflect local occupant sensations.

Chapter 6 is the Impact of Comfort Modeling on Energy Demand. Uses the calibrated comfort model to analyze energy savings potential in different operation modes, emphasizing the effectiveness of local adaptive models.

Chapter 7 is the Envelope Parameter Optimization (Energy). Quantifies the influence of envelope thermal performance on energy demand and identifies optimal parameters for minimum energy use.

Chapter 8 is the Envelope Parameter Optimization (Comfort). Incorporates comfort metrics into multi-objective optimization, demonstrating that significant energy savings can be achieved without sacrificing comfort.

Chapter 9 is the Conclusion and Prospect.

As mentioned above, understanding local residents' comfort temperature requirements aids in the design of residential buildings and their heating and cooling systems, thereby avoiding excessive energy demand.

論文審査の結果の要旨

本研究は、戸建住宅における室内熱的快適性および居住者の熱適応性に着目し、北九州市内の 37 棟を対象とした現地調査を通じて、快適性の向上と建築物のエネルギー消費削減に資する戦略の構築を目的としている。

第 1 章では、研究の背景と目的を示している。

第 2 章では、文献レビューとして、パッシブデザイン、熱的快適性、建築物のエネルギー消費、ならびに居住者の行動に関する先行研究を整理・概観している。

第 3 章では、研究方法として、現地調査、EnergyPlus によるシミュレーション、および遺伝的アルゴリズムに基づく多目的最適化手法について説明している。

第 4 章では、気候適応戦略として、季節ごとの温湿度分布を分析し、ケーススタディを通じてパッシブ手法の有効性を評価している。

第 5 章では、室内熱環境と熱的適応性に着目し、異なる暖房モード下における熱的快適性および居住者の適応行動を評価している。

第 6 章では、現地快適性モデルに基づくエネルギー需要を分析し、グローバルな ASHRAE Standard 55 モデルおよび固定設定温度によるシナリオと比較している。

第 7 章では、外壁構造の熱性能がエネルギー需要に与える影響を定量的に分析し、最小限のエネルギー消費を実現する最適な構造パラメータを特定している。

第 8 章では、快適性指標を多目的最適化に組み込むことで、快適性を維持しながら顕著なエネルギー削減が可能であることを明らかにしている。

第 9 章では、研究の総括を行うとともに、今後の課題と展望を示している。

以上のように、本研究は、住宅の設計および暖冷房システムの最適化に資するものであり、過剰なエネルギー需要の回避にも寄与している。本研究の成果は、環境工学分野、特に建築物の省エネルギー設計に対して新たな知見を提供するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ソウ ケン 曾 倩（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 4 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Impact of built environment on pedestrian density in diverse urban fabrics （多様な都市空間構造における建築環境が歩行者密度に及ぼす影響）
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Against the backdrop of rapid urbanization and profound transformations in urban fabric, Chapter 1 found that many urban areas are increasingly exhibiting a structural paradox of being “physically constructed but behaviorally vacant,” with a significant decline in pedestrian density. This decline has triggered a range of urban issues related to public health, social vitality, and traffic safety. As a zero-carbon mode of transport, walking plays a vital role in the foundation of sustainable urban development. However, existing research has largely focused on the walking environment of single urban typologies or city centers, with limited systematic understanding of pedestrian-friendly environment in the context of diverse urban fabrics. In response, this study centers on the core question: How does the built environment influence pedestrian density across diverse urban fabrics? Through a combination of theoretical modeling and empirical analysis, the study explores the mechanisms through which the built environment shapes walking behavior and proposes targeted strategies for optimization.

Chapter 2 identified three focus points in this study through a systematic screening of existing literature. First, it developed an analytical model to explore the pedestrian-friendly streets metric-oriented correlation, identifying the key environmental factors influencing pedestrian volume in both urban core and peri-urban areas. Second, it quantitatively evaluates the nonlinear relationships and threshold effects of the built environment on pedestrian volume at both street and community scales under varying building density conditions by machine learning algorithm. Third, the study examines regional differences in the impact of the built environment by leveraging a multi-city sample of urban fabrics and proposes intervention strategies tailored to different stages of urbanization.

In Chapter 3, this study constructs a comprehensive analytical methodology that integrates multi-scale spatial data and multi-model approaches systematically examine the impact of built environments on pedestrian density under different urban fabrics. In terms of variable acquisition, the research incorporates multi-source big data—including road data, POI data, and demographic statistics—to capture mesoscale built environment variables. Deep learning models are employed to perform semantic segmentation on street view images, which are then combined with traditional GIS methods to build a set of microscale built environment metrics. In terms of modeling approach, this research employed various linear and nonlinear modeling methods to analyze and interpret the relationship between built environment

and pedestrian density, providing a solid technical foundation for empirical analysis.

Chapter 4 delved into the impact of built environment factors on pedestrians in peri-urban areas and core area. The findings reveal significant differences in how the built environment influences pedestrian volume between urban cores and peri-urban areas. Notably, factors such as density, design, and destination accessibility at the mesoscale, as well as building view index and sky view index at the microscale, demonstrate varying degrees of influence. In addition, diversity and distance variables show significant effects on pedestrians only in peri-urban areas, with minimal impact in core zones.

Chapter 5 explored the nonlinear relationship and interaction effects between building density and pedestrian volume, revealing an inverted U-shaped pattern between building density and pedestrian volume. The positive effect of density is most pronounced when building density is below 0.3. Moreover, the influence of built environment variables on pedestrian activity is inherently nonlinear, with significant interaction effects among variables under different density conditions. Factors such as distance, vegetation view index, road view index, and sidewalk view index are all significantly moderated by building density in their effect on pedestrian volume.

In Chapter 6, based on a sample of 396 communities across 36 Chinese cities, the study also examines the complex mechanisms of pedestrian under varying levels of urbanization. The results indicate that built environment factors contribute most significantly to pedestrian density in underdeveloped, moderately developed, and highly developed communities. Among these, population density emerges as the most critical driver of pedestrian activity, while shopping center density plays a particularly prominent role in underdeveloped areas. Furthermore, the relationship between urbanization and pedestrian density follows a “promotion–inhibition–promotion” nonlinear pattern: walking activity is encouraged at very high or very low levels of urbanization but tends to be suppressed in moderately urbanized areas.

In Chapter 7, this study makes several key contributions: (1) it establishes a multi-scalar, cross-dimensional analytical framework linking the built environment and pedestrian behavior; (2) it moves beyond correlation analysis by introducing machine learning and SHAP interpretability techniques to identify nonlinear threshold effects and interaction mechanisms; and (3) it expands theoretical understanding of how diverse urban fabrics shape pedestrian behavior and proposes adaptive frameworks

for walkability assessment and intervention. Based on these findings, the study proposes concrete pathways for improving pedestrian environments at both meso- and micro-scales, offering actionable guidance for policymakers and urban planners to restructure mobility systems and reshape urban space in a more sustainable, human-centered direction.

In Chapter 8, this study provides a comprehensive summary, highlighting the key findings, discussing their implications, and reflecting on the contributions and limitations of the research.

論文審査の結果の要旨

本研究は、地域および街路スケールにおいて歩行者量に影響を及ぼす建築環境要因を特定し、それに基づく段階的かつ効果的な環境介入によって、歩行者に優しい都市空間の創出を目指すものである。特に、都市の多様な都市空間構造における歩行者密度の変動メカニズムを理論と実証の両面から明らかにすることを目的としている。

第1章では、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、既往研究を調査し、本論文の分析方法の枠組みを構築するための理論的基礎を示している。

第3章では、マルチスケール空間データと各種モデル手法により、歩行者密度に影響する変数を抽出し、建築環境要因との線形・非線形の関係性を提示した。

第4章では、都市の中心部と郊外における建築環境の違いに注目し、空間ラグモデル（Spatial Lag Model）により、特に郊外において土地利用の多様性と中心部からの距離が歩行者量に大きな影響を与えることを明らかにした。

第5章では、建物密度の非線形な効果および他の要素との相互作用について、ランダムフォレスト分析により検証を行った。歩行者量は建物密度がおおよそ0.3の付近でピークを迎えること、さらに植生や公共交通までの距離との複合的な影響があることを明らかにした。

第6章では、中国の36都市396コミュニティを対象に都市化が歩行者密度に与える影響を分析し、建築環境が最も重要な要因であり、都市化の影響には閾値を伴う非線形性があることを示した。

第7章では、実証結果を基に、高密度中心部・中密度郊外・低密度辺縁部の3つの類型に応じた段階的な環境介入フレームワークを提案し、政策立案や実務への応用に資する指針を提示した。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括している。

以上より本研究は、歩行者密度に及ぼす建築環境の影響を体系的に解明し、都市の構造に応じた具体的な改善手法を提示することで、都市計画や建築分野に新たな知見を提供した。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	キン ウ 金 武（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 5 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Research on design strategies for thermal environment optimization in small-scale waterfront spaces （小規模親水空間における熱環境最適化のための設計手法に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 森田 洋 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学））

論文内容の要旨

Currently, urban built environments are affected by both the greenhouse effect and the heat island effect, necessitating a focus on improving thermal environments in architectural and landscape design. Southern Chinese cities feature extensive canal water systems, and large public buildings often incorporate landscape water features. People are drawn to water bodies, making waterside spaces highly prevalent. However, architects and landscape designers primarily focus on the functionality and artistry of these spaces during the design process, with little consideration given to thermal environment optimization. While engineers and researchers have published extensive studies on building thermal environments, they rarely participate directly in public space design. Integrating waterside public space design with thermal environment research will thus be a critical consideration for future waterside space development.

This study focuses on canal districts and public building courtyard landscapes as case studies. Based on the diverse design of real-world waterside spaces, it conducts thermal environment simulations on waterside spaces of varying configurations. Using Envi-met software, dozens of scenarios were simulated to analyze the coupling effects of variables such as water bodies, buildings, vegetation, and ventilation. The research identifies thermal environment characteristics of waterside spaces and proposes universal design guidelines for optimizing thermal conditions. This work provides practical insights for improving thermal environments in waterside spaces and offers new design methodologies for future waterside space planning and construction.

Chapter 1 outlines the research background and significance. Against the backdrop of global warming, urban thermal comfort has garnered increasing attention. Consequently, architectural and landscape design must prioritize thermal environment improvement.

Chapter 2 reviews and synthesizes prior research, revealing that existing studies predominantly focus on theoretical analysis, with limited emphasis on integrating waterside space design with thermal environment enhancement.

Chapter 3 details the research scope, methodology, and innovations.

Chapter 4 employs a historic canal district as a case study to investigate the relationship between diverse waterside alleyway designs and their thermal environment impact mechanisms.

Chapter 5 takes the inner courtyard of a large public building as an example to study the waterfront landscape design and thermal environment

impact mechanism.

Chapter 6 explores the mechanisms that influence the thermal environment of small-scale waterfront spaces, focusing on the enhanced synergistic effects of different water forms. Based on this research, a quantitative model of thermal environment temperature is constructed, and design strategies for improving the thermal environment of waterfront spaces are proposed. Chapter 7 explains the conclusions of this study and future research prospects.

This study focuses on the design and thermal characteristics of diverse waterfront spaces within engineering projects. It analyzes the mechanisms by which architectural form, water body size and form, plant distribution, and wind conditions influence the thermal environment. It also proposes a quantitative model for simulating the thermal environment of waterfront spaces. Finally, it proposes targeted design guidelines for small-scale waterfront spaces, aiming to provide practical, evidence-based strategies for future waterfront development.

論文審査の結果の要旨

本論文は、都市部に存在する小規模な親水空間における熱環境の改善を目的として、その空間構成と環境要素が与える影響を実証的に解明し、設計への応用可能性を探ることを目的としている。

第1章では、研究背景として、都市のヒートアイランド現象が進行する中、都市住民の快適性と健康を支えるためには屋外熱環境の制御が不可欠であること、特に親水空間が温熱調整に寄与しうる潜在性を持つことを指摘している。

第2章では、熱環境に関する既往研究のレビューを通じて、水辺、植生、建物配置などの構成要素と熱的特性との関係を明らかにし、親水空間に特化した研究が少なく、空間設計と統合した分析が必要であることを述べている。

第3章では、研究の方法論として、数値流体解析（CFD）や熱環境シミュレーションソフト Envi-met を用い、複数の実空間を対象に詳細なモデルを構築し、設計パラメータの変化に対する熱環境の応答を検証している。

第4章では、中国の伝統的な運河沿い街区における通風環境や輻射温度の分析を通じて、狭小空間における風の流れの変化や水面の冷却効果を明らかにし、都市の歴史的文脈を踏まえた設計の意義を述べている。

第5章では、大規模建築の中庭をケーススタディとし、植栽や水辺配置による温度低減効果を定量的に示し、小規模空間でも熱環境改善に効果的な設計が可能であることを実証している。

第6章では、これらの分析結果をもとに、空間の開放度、水辺の形状と配置、通風の確保といった要素を組み合わせた熱環境最適化のための設計指針を提示している。

第7章では、研究の成果を総括し、将来的には都市設計やランドスケープの実務におけるガイドラインへの応用可能性を述べている。

以上より、本論文は、親水性を持つ都市空間における熱環境の定量的解析と設計提案を一体的に展開し、建築・都市設計分野に新たな知見を提供するものである。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	冯 仿 冯 维佳（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 6 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	Study on the impact of urban building morphology on energy use intensity and photovoltaic potential based on a linear and nonlinear approach （線形・非線形アプローチによる都市建築形態がエネルギー使用強度と太陽光発電ポテンシャルに与える影響に関する研究）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 山本 勝俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study focuses on urban block morphology and aims to explore the effects of the various residential block morphology on energy use intensity and photovoltaic potential through a combination of linear and nonlinear research methods.

Chapter 1 introduces the urgent situation of the climate and energy crisis, and the important of morphology on energy efficiency and renewable energy generation. As the spatial arrangement of physical elements, spaces, and activities within urban areas, urban form plays a crucial role in shaping energy consumption patterns and influencing the sustainability.

Chapter 2 adopts a bibliometric analysis method based on relevant journal papers published between 2015 and 2024. This chapter summarizes the research methods and tools, history of publications, geographical distribution and software tools in past decade.

Chapter 3 identifies indicators describing the morphology of residential clusters based on literature and relevant standards. A field study is then conducted in Hangzhou, surveying 96 residential clusters and 1630 individual buildings to examine urban morphology and electricity usage.

Chapter 4 based on the database of residential neighborhood morphology built in Chapter 3, establishes the four benchmark models of typical residential block in Hangzhou. The chapter then describes the optimization platform and methodological framework developed for this study.

Chapter 5 develops a benchmark model. Energy consumption and photovoltaic potential simulations are conducted using Honeybee and Ladybug, respectively. Performance simulation results are analyzed in relation to spatial morphology parameters through orthogonal experiments, correlation analysis, and multiple linear regression analysis.

Chapter 6 conducts a multi-objective optimization to enhance urban residential cluster performance. The primary objectives include minimizing energy use intensity, maximizing photovoltaic potential, and reducing UTCI during summer, while also integrating cost factors as auxiliary indicators to ensure practical feasibility. This optimization process is executed using a genetic algorithm (GA) within Wallacei.

Chapter 7 introduces the integration of machine learning with the establishment of a Multi-Objective Optimization-Random Forest (MOO-RF) model. This model leverages the data generated in the first phase and incorporates machine learning techniques to enhance the optimization process.

Chapter 8 summarizes the conclusions obtained from previous chapters and prospects the further research of exploring the relationship between urban morphology and energy use intensity and photovoltaic energy generation.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市における居住ブロックの多様な形態がエネルギー使用強度および太陽光発電ポテンシャルに与える影響を、線形・非線形の両手法を組み合わせ、明らかにすることを目的としている。

第1章では、研究の背景を述べ、研究の目的と意義を明確にしている。

第2章では、2015年から2024年までの本研究に関連する文献を分析し、研究動向や手法を体系的に整理している。

第3章では、実地調査を実施し、約96の住宅クラスターおよび1,630棟の建物データを収集し、それらの形態と電力使用量との関係を明らかにしている。

第4章では、調査データを基に、代表的な4種類の住宅ブロックモデルを構築し、エネルギー性能の最適化を行うための解析プラットフォームを提案している。

第5章では、住宅ブロックにおけるエネルギー消費および太陽光発電性能のシミュレーションを行い、各形態要素が両因子に与える影響を明らかにしている。

第6章では、遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化手法を通じて、エネルギー性能・快適性・コストを総合的に評価し、省エネルギー設計への適用可能性を明らかにしている。

第7章では、機械学習を用いた多目的最適化モデルを構築し、形態と性能指標の関係を高精度に予測可能とすることで、データ駆動型の設計支援手法としての有効性を示している。

第8章では、研究成果を総括するとともに、今後の課題や展望を示している。

以上により、本研究は都市居住ブロックの形態がエネルギー消費および太陽光発電ポテンシャルに与える影響を、現地調査、シミュレーション、多目的最適化、機械学習を組み合わせた多角的手法により明らかにしたものである。得られた知見は、都市の低炭素建築やエネルギー計画に貢献する学術的・実務的意義を有している。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ミン ユミン 孟 雨萌（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第337号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Research on visual evaluation of urban environments using street view images and machine learning （ストリートビュー画像と機械学習を用いた都市環境の視覚的評価に関する研究）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 李 丞祐 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Based on multi-source data and computer vision technology, this study selects representative coastal industrial cities at different stages of urbanization. The study selects difference areas as study sites, including the whole city, residential zones, and urban green spaces. This study conducts a comprehensive analysis to explore the influence of the built environment in coastal cities on public health from the dual perspectives of health behaviors and mental health. It establishes a comprehensive analytical framework that is both multi-scalar and multi-dimensional. Finally, the study found the spatial features that influence public health behaviors and mental health. It provides targeted guidance for the spatial transformation and improvement of coastal industrial cities at different stages of development, offering both theoretical support and data-driven evidence.

The structures are explored as follows:

In Chapter 1, the research background and purpose of the study were elaborated.

In Chapter 2, the development trends and methods of research in the field of the built environment and public health were introduced.

In Chapter 3, by integrating objective physical features, subjective perception indicators, and spatial analysis techniques, three evaluation systems were developed based on different research subjects and city-levels.

In Chapter 4, the nonlinear relationship between the built environment and visual walkability perception were analyzed in China and Japan.

In Chapter 5, based on functional zones, the relative importance of variables and threshold effects of urban space were determined using XGBoost models.

In Chapter 6, the relationship between the residential built environment and human perception were explored through correlation analysis and linear regression analysis.

In Chapter 7, the influence mechanisms of visual-comfort and landscape indicators of urban green spaces were explored.

In Chapter 8, the conclusion were summarized.

論文審査の結果の要旨

本論文は、都市の建築環境が人々の健康行動や心理的快適性にどのような影響を及ぼすかを、都市空間のスケールを横断する形で分析することを目的としている。ストリートビュー画像やリモートセンシングデータなど多様な地理空間情報を用い、機械学習に基づく分析によって視覚的快適性の定量化と影響因子の抽出を行っている。

第1章では、公衆衛生問題の深刻化と都市化の進行を背景に、健康指向型都市の構築が求められていることを指摘し、本研究の目的と枠組みを提示している。

第2章では、5020件の関連論文データに基づく文献レビューを行い、本論文で扱う研究分野の動向と今後の課題を整理している。

第3章では、ストリートビュー画像、リモートセンシング、土地利用データなどの多様な空間情報を統合し、物理的特徴と主観的評価を組み合わせた3種類の評価体系を構築している。

第4章では、中国と日本の沿岸工業都市を対象に、歩行性に対する視覚的印象（VWP）と建築環境との非線形関係を、機械学習とSHAPを用いて解析している。ストリートビュー画像から抽出された6つの物理的特徴（開放性、緑視率、複雑性等）と視覚的快適性との関係を定量化し明らかにしている。

第5章では、北九州市を5つの機能ゾーンに分類し、ゾーンごとにVWPの空間分布と建築環境の特徴を比較し、機能ゾーン別の特性を踏まえた都市空間整備の方向性を提示した。

第6章では、Baidu ストリートビューと深層学習を用い、中国の住宅地の街路環境と人々の主観的認識の関係性を分析している。8項目の物理的特徴と主観評価との相関から、高品質な住宅街の整備に資する知見を提示した。

第7章では、衛星画像とストリートビュー画像の併用により、2次元・3次元の景観指標と快適性の関係を機械学習で評価し、都市緑地が視覚的快適性に与える影響を明らかにしている。

第8章では、各章の成果を総括し、健康志向の都市デザインに関する提言を行った。

以上、本研究は、客観的データと主観的評価を融合した機械学習に基づく新たな評価手法を用い、都市環境評価と人間の知覚の関係性を多角的に捉え、都市空間の改善に貢献する具体的な知見を提供している。都市計画分野、都市環境分野における学術的意義は大きい。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ニシムラ タク マ 西村 拓真（島根県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第338号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	平面骨組の座屈長さ係数の統一的な評価法の構築と立体骨組の座屈補剛に関する研究 (Study on the development of a unified evaluation method for effective length factors of 2D frames and on buckling bracing in 3D frames)
論文審査委員	主 査 城戸 将江 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 保木 和明 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 寺西 正輝 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 佐藤 雅之 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

日本国内における鋼構造骨組の座屈設計では、骨組の安定性を確保するために細長比の算定が必要となり、そのために座屈長さ係数を評価する必要がある。座屈長さ係数の精解は、座屈たわみ角法によって得られる座屈条件式から算定できるが、座屈条件式は三角関数を含む超越方程式となるため煩雑な収束計算を行う必要がある。そのため、これまでに座屈長さ係数を近似的に求める様々な評価法が提案されてきたが、特定の構造的条件を前提としているため、汎用性に一定の制約があり、また、収束計算を必要とするものもあり、実務への活用には課題が残されていた。

また、骨組が所定の座屈荷重または座屈長さ係数を有するための水平補剛材の必要補剛性を求めるといった課題も存在する。これまでに平面骨組を対象とした必要補剛性評価法が提案されているが、立体骨組に平面骨組を対象とした評価法を用いると、立体骨組に存在する各構面間の相互作用を無視することとなり、必要補剛性を過剰に見積もる恐れがある。

そこで、本研究では、鋼構造矩形骨組が Sway 座屈する場合を対象とし、骨組の均等性や吹抜け長柱の有無といった構造的条件に依存しない、簡便な Sway 座屈長さ係数評価法を提案した。さらに、立体骨組が指定した座屈荷重または座屈長さ係数を有するための水平補剛材の必要補剛性評価法を提案した。本論文は、これらの研究成果を総括したものであり、全 5 章で構成されている。

第 1 章では、研究の背景を述べたうえで、本研究の目的および論文全体の構成について説明した。

第 2 章では、既往の Sway 座屈長さ係数評価法である SI (Stability Index) 法を取上げた。SI 法を吹抜け層を持たない様々な骨組に適用し、多くの条件で精解を 5% 程度より小さい誤差で評価できることを示した。また、SI 法は $P\delta$ 効果を考慮していないため、骨組の条件によっては、精解の座屈長さ係数よりも小さく、すなわち危険側に評価する場合がある。そこで、精解に対して概ね安全側の評価となるように SI 法に対して修正法を提案した。

第 3 章では、SI 法は、吹抜け長柱を含む骨組にそのままの仕様で適用できないため、吹抜け長柱を含む骨組に SI 法を準用する手法を示すとともに、新たに、構造的条件に依存しない骨組の水平剛性を用いた Sway 座屈長さ係数評価法として HS (Horizontal Stiffness) 法を提案した。HS 法は、吹抜け長柱を含まない骨組に適用すると SI 法と等価となるため、SI 法を内包する汎用性の高い手法である。また、HS 法を、吹抜け長柱を含む様々な骨組に適用し、多くの条件で精解を 5% 程度より小さい誤差で評価できることを示した。汎用性および評価精度の観点より、一般的な鋼構造矩形骨組を対象とした Sway 座屈長さ係数評価法として、HS 法が有効であると結論付けた。

第 4 章では、まず、1 層 1×1 スパン立体骨組が Non-Sway 座屈するための水平補剛材の必要補剛性評価法を提案した。続いて、対象を 1 層多スパン立体骨組

へ拡張し，骨組が任意に指定した座屈荷重または座屈長さ係数を有するための水平補剛材の必要補剛剛性評価法を提案した．さらに，吹抜け長柱を含む立体骨組が Non-Sway 座屈するための水平補剛材の必要補剛剛性評価法を提案した．提案手法を用いることで，立体骨組に対して必要補剛剛性を合理的に評価することが可能となる．

第 5 章では，本研究の結論をまとめるとともに，今後の課題について述べた．

論文審査の結果の要旨

本論文は建築鋼構造の構造設計において重要な位置を占める座屈長さ係数の評価ならびに座屈補剛に関するものである。鋼構造矩形骨組が Sway 座屈する場合を対象とし、均等骨組、不均等骨組、吹抜け長柱を含む骨組などの構造的条件に依存せず、かつ簡便で高精度な座屈長さ係数の評価法を提案している。さらに、立体骨組を対象に、各構面の相互作用を考慮した、所定の座屈荷重を確保するための水平補剛材の必要補剛剛性の評価法を提案している。

第 1 章では、研究の背景を述べたうえで、本研究の目的および論文全体の構成について説明した。

第 2 章では、既往の研究で提案されている安定性指標 SI (Stability Index) を用いた Sway 座屈長さ係数の評価法である SI 法を吹抜け層のない均等・不均等骨組や、ピン接合柱を含む骨組へ適用し、SI 法の評価精度が概ね 5%程度であることを示した。

第 3 章では、吹抜け長柱を含む骨組を対象とし、SI 法を準用する手法を示すとともに、新たに骨組の水平剛性を用いた Sway 座屈長さ係数の評価法である HS (Horizontal Stiffness) 法を提案した。HS 法を吹抜け長柱を含む骨組に適用した場合、精解を 5%程度の誤差で評価できることを示した。また、吹抜け長柱を含まない骨組に適用した場合、SI 法と等価となり、均等骨組、不均等骨組、吹抜け長柱を含む骨組などの構造的条件によらず座屈長さ係数を精度よく評価できる汎用性の高い手法となっている。

第 4 章では、まず、1 層 1×1 スパン立体骨組が、Non-Sway 座屈を呈するための水平補剛材の必要補剛剛性の評価法を提案した。続いて、対象を 1 層多スパンの立体骨組へ拡張し、任意に指定した座屈荷重を確保するための必要補剛剛性の評価法を提案した。さらに、吹抜け長柱を含む立体骨組に対しても必要補剛剛性の評価法を示した。

第 5 章では、本研究の結論をまとめるとともに、今後の課題について述べた。

以上のように本論文は、建築鋼構造の構造設計において重要な座屈設計に対して、鋼構造骨組の全体座屈を対象とし、SI 法の評価精度を多くの解析により検討し、さらに SI 法を内包した汎用性の高い座屈長さ係数評価法として HS 法を新たに提案した。また、立体骨組の座屈補剛について、1 層多スパン立体骨組、吹抜け長柱を含む立体骨組に対し、指定した座屈荷重とするための水平補剛材の必要補剛剛性の評価法を提案しており、建築構造学に寄与するところが多い。

よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	センチャロン ルットラウィー SANGCHAROEN RUTRAWEE（タイ）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 3 3 9 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Methane Fermentation of Lignocellulosic Biomass and its Kinetic Modelling (草本バイオマスのメタン発酵ならびにその動力学モデルの開 発に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 安井 英斉 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 寺嶋 光春 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術）) 審査委員 加藤 尊秋 (北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）) 審査委員 趙 昌熙 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

This study explores the dual application of biomass from inedible plant sources for sustainable energy recovery and environmental remediation. Two experimental approaches were undertaken: (1) methane fermentation of the inedible portion of mature *Vigna radiata* (mung bean) biomass, and (2) screening of halophytic plant species for phytoremediation of salinised farmlands in Karakalpakstan, Uzbekistan, followed by anaerobic digestion of the harvested biomass. In the first part, the mung bean biomass was separated into leaf and stem fractions and subjected to semi-continuous anaerobic digestion with mechanical thickening to prolong solids retention time (SRT). Kinetic analysis using a modified IWA-ADM1 model indicated that enzymatic hydrolysis of lignocellulosic compounds was the rate-limiting step, with first-order hydrolysis rates of 0.051 d^{-1} and 0.071 d^{-1} for leaf and stem fractions, respectively. The conventional dichromate COD method underestimated the biomass COD by approximately 10% due to incomplete oxidation of lignocellulose. An unusual accumulation of soluble carbohydrates was observed, likely due to the fragmentation of lignocellulosic particles into slowly biodegradable or inert components. At an SRT of 100–200 days and a loading rate of 10–12 kg-COD/m³/d, the model predicted that up to 70% of the biomass COD could be converted to methane, allowing a 6–7-fold reduction in reactor volume compared to conventional designs. In the second part, *Amaranthus retroflexus*, *Atriplex nitens*, *Bassia scoparia*, and *Karelinia caspia* were cultivated for salt uptake and biomass production. *Atriplex nitens* showed the highest potential, capable of removing approximately 1.8 kg NaCl equivalent per kg of dry soil at peak growth. The model suggested that 3–6 years of consecutive cultivation could rehabilitate the soil for conventional crops like wheat, sunflower, and sorghum. Subsequent anaerobic digestion experiments demonstrated that the halophyte biomass had similar methane conversion potential to that of energy crops like *Erianthus arundinaceus*, achieving 60–70% COD conversion at 50–60 days SRT, with potential efficiencies reaching 80% at 200 days. These findings demonstrate the feasibility of integrating phytoremediation with bioenergy recovery to address both soil salinisation and renewable energy production. To demonstrate and achieve the research purpose, the dissertation is comprised of 7 chapters: Chapter 1 presents the background, research gaps, rationale, objectives, and structure of the study, highlighting the integration of biomass energy recovery. Chapter 2 presents a comprehensive review of the literature on methane

fermentation from plant biomass, artificial rumen reactor designs, and the biological degradation kinetics of the plant biomass based on ADM1. Chapter 3 details the materials and methods used in reactor experiments, biomass fractionation, kinetic modeling, and field sampling of halophytes. Chapter 4 discusses the methane fermentation and kinetic analysis of the inedible portion of mature *Vigna radiata* (mung bean) biomass. Chapter 5 presents findings from the screening of salt-tolerant plant species from Karakalpakstan, Uzbekistan, to evaluate their methane production potential via anaerobic digestion. Chapter 6 integrates designing an anaerobic bioreactor and the theoretical performance of methane fermentation. Chapter 7 concludes with the key conclusions and recommendations.

論文審査の結果の要旨

本研究は、今まで積極的な利活用がおこなわれていなかった数種の草本バイオマスに着目し、これらをメタン資源に転換するプロセスを開発するとともにそのプロセス性能を実験的・理論的に解析するものである。

第1章では、資源化をはじめとする草本バイオマス非可食部の利活用に関する研究が環境システムの分野で不足していること、塩類を蓄積する野生の草本を意図的に栽培することでアジアやアフリカの乾燥地で発生している農地の塩害を修復できる可能性があること、草本バイオマスの新たな利活用アプローチを明示した。第2章では、メタン発酵プロセスに関わる各種の分解反応について文献調査をおこない、反芻動物のルーメンを模擬することで草本バイオマスのメタン発酵に適すると思われるプロセススキームを考案した。第3章では、このプロセススキームの性能を実験的に把握するための実験手順等を整理することで、本研究で得られる実験データと関連の分解反応を数学的にシミュレーションするための動力学モデルの基本構造を作成した。第4章では、Mung bean の収穫後に発生する成熟の植物バイオマスを用いた一連のメタン発酵試験と動力学モデル解析によって、十分なメタン資源を回収できる必要十分なバイオリアクターの運転条件を算出した。第5章では、中央アジアの試験圃場で得られた4種の耐塩/塩類蓄積植物のバイオマスを用いたメタン発酵実験ならびに動力学モデル解析を実施するとともに、植物バイオマスの成分（各種の塩類・炭水化物・蛋白質・脂質・リグニン類）と試験圃場での植物生育データを解析した。これをもとに、第6章では、ある種の塩類蓄積植物を積極的に栽培することで塩害農地の修復とその植物バイオマスの利活用を両立できる可能性があることを指摘した。第7章では各章で得られた工学的成果をもとに、本研究で得られた反芻動物のルーメンを模擬した新規のメタン発酵プロセスによって草本バイオマスからメタン資源等を回収することの利点を述べ、それを社会実装するために必要となる技術的項目を整理した。

本学位論文で述べた新規プロセスと植物バイオマスの資源化に関する研究は、査読付国際学術誌(2報)に掲載された。これらは十分な学術成果と判断される。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	陈 诗逸（中国）
学 位 の 種 類	博士（学術）
学 位 番 号	甲 第 1 3 3 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	A study on the transformation and reproduction of landscape painting in medieval Japanese gardens （中世日本庭園における山水画の変容と再現に関する研究）
論文審査委員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 黎 曉紅 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study examines how differences in geography and ideology between China and Japan shaped divergent garden arts, focusing on how landscape painting composition influenced Japanese garden design.

Chapter 1 outlines the historical context of Sino-Japanese cultural exchanges, focusing on the cross-media influence between Chinese landscape painting composition and Japanese garden design. It emphasizes that since the Tang and Song dynasties, China has continuously transmitted philosophical ideas, aesthetic systems, and visual languages to Japan, forming a shared aesthetic paradigm centered around "schema and artistic conception." Particularly during Japan's medieval period (Kamakura–Muromachi), these influences were integrated into garden construction through diplomatic missions, monastic exchanges, and artistic transmission. Visual compositional elements such as blank space, the “three distances,” and corner compositions served as conceptual templates for Japanese rock arrangement and spatial aesthetics.

Chapter 2 presents a systematic review of the profound influence of Chinese landscape painting on Japanese dry landscape gardens, highlighting their shared compositional logic, spatial structure, and philosophical underpinnings. It begins by tracing the history of Sino-Japanese cultural exchange since the Tang dynasty, emphasizing how core elements of Chinese shan shui painting—such as the “Three Distances,” the use of negative space, and the integration of Confucian, Daoist, and Zen thought—shaped the aesthetics and spatial logic of Japanese gardens.

Chapter 3 outlines the research methods employed in this study. By utilizing questionnaires focused on spatial cognition and psychological evaluation, as well as impression-based surveys of compositional elements in both gardens and landscape paintings, the study aims to analyze the perceived homology between the two forms. Furthermore, it investigates compositional similarities by examining the segmentation and path arrangements of landscape paintings, as well as the diffusion of visual focal points.

Chapter 4 proposes the construction of a non-intrusive research framework centered on image feature extraction, spatial rhythm deconstruction, and visual path modeling. By digitally decomposing and rhythmically abstracting Chinese and Japanese landscape images alongside garden plans, bird’s-eye views, and video frames, the research aims to analyze modes of visual guidance, strategies of negative space, and focal organization patterns.

Ultimately, it seeks to enable a comparative cognitive analysis of the viewing modalities of “reclining travel” in landscape painting and “seated contemplation” in garden appreciation.

Chapter 5 systematically examines the visual structures underlying the major compositional types found in traditional Chinese landscape painting, including the “Three Distances”, the host-and-guest compositional framework, one-corner layout, and the strategic use of negative space. Building on this foundation, the chapter then analyzes the compositional characteristics of representative dry landscape gardens from Japan's Muromachi period, with a focus on the arrangement of stones, the treatment of voids, and the configuration of viewing points. Through a comparative lens, the analysis reveals how these spatial and visual strategies in Zen gardens reflect an adaptation and reinterpretation of Chinese pictorial principles within a three-dimensional, meditative environment.

Chapter 6 aims to examine public perception and psychological evaluation of the compositional similarity between landscape painting and Japanese gardens through a structured questionnaire. Utilizing a five-point Likert scale, the survey reveals a prevailing consensus among participants, who overwhelmingly perceive a high degree of visual resemblance and cultural affinity between the two forms.

Chapter 7 constructs a structural mapping between painting compositions, although landscape painting and dry landscape gardens belong to different media, they exhibit a high degree of structural commonality in terms of viewing rhythm, spatial composition, and underlying philosophical mechanisms. Their shared core lies in guiding the viewer—through nonlinear visual paths and rhythmic compositional logic—toward a realm “beyond the image” and into a space of “emptiness.” This facilitates an integrated experience of vision, perception, and philosophical reflection.

Chapter 8 outlines key homologies between Chinese landscape painting and Japanese dry gardens. In terms of viewing, paintings evoke “stillness within movement,” while gardens embody “movement within stillness.” Their visual rhythms also align—paintings guide the gaze through intermittent progress, while gardens encourage cyclical, contemplative perception. Both forms generate imagery differently: paintings construct imagined realms through form, while gardens suggest meaning through formlessness. Philosophically, viewing is not passive but a mode of being, realization, and practice. Together, these parallels highlight how both mediums serve as frameworks for spatial and existential reflection.

論文審査の結果の要旨

本研究は、日本における中世の枯山水庭園と山水画の構造的な関係を、視覚的な体験と文化的な感性の観点から明らかにすることを目的とする。特に、鑑賞の仕方と視線の動き、空間要素の象徴的な共通性、空間印象に対する心理的な評価という三つの視点から、絵画と庭園が深く結びつく仕組みを総合的に探求した。

第1章では、枯山水庭園が儒教・道教・禅仏教の哲学を内包し、山水画の非対称構図や虚実のバランス、象徴的抽象を立体的に昇華した「三次元の山水画」として、精神的・視覚的なミクロコスモスを形成していることを述べている。

第2章では、山水画が伝統的な日本庭園の設計に与えた影響について、既存の研究をもとに整理した。特に、構成手法、象徴的な表現、哲学的背景、そしてデジタル比較の四つの分野を概観し、それらを踏まえて、視覚認知や空間体験、心理的印象に関する実証的な分析が不足していることを指摘した。

第3章では、空間および視覚の分析、構成要素のグリッドによる定量化、心理的印象の評価、SD法を組み合わせた統合的な方法論を提示し、それにより庭園と山水画に共通する空間構造や認知的特徴を検証できる枠組みを構築した。

第4章では、選定した山水画と庭園について、視線の動きと空間の階層構造を分析し、鑑賞時における視覚的経路と構成の配分において高い共通性が認められることを明らかにした。

第5章では、石・水・植生・道などの基本要素の選択と配置に着目し、グリッド分析と心理印象調査により、庭園と山水画の構成的・象徴的相似性を実証した。

第6章では、リッカート尺度を用いて一般参加者を対象にアンケート調査を行い、山水画と庭園の構図に関する類似性や文化的親和性が広く認識されていることを確認した。

第7章では、山水画と枯山水庭園という異なる表現形式が、視線の誘導リズムや空間構成、背後にある哲学理念において高度な共通性を持つことを明らかにした。

第8章では、各章の知見をまとめ、総括している。

以上のように、本論文は中世の枯山水庭園と山水画の構造的関係を多角的に分析し、両者の空間構成や鑑賞様式に高度な共通性があることを示した。視線軌跡の解析や構成要素の定量化、心理的評価を通じて、視覚芸術と造園芸術の深い連関に新たな知見を提供し、日本庭園研究および文化的景観の理解に寄与するものである。よって本論文の著者は博士（学術）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ジョウ ハイニン 周 海宁（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第340号
学位授与年月日	2025年9月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Study on stress-responsive optimization of spatial voronoi shell structures (空間ボロノイシェルの構造の応力応答型最適化に関する研究)
論文審査委員	主 査 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 陶山 裕樹 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 望月 慎一 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

This study develops a comprehensive multi-scale computational framework for stress-responsive optimization of spatial Voronoi shell structures, addressing the critical gap between theoretical optimization and practical architectural implementation. Using SIMP topology optimization, RBFMOpt-based hierarchical seed optimization, and stress-weighted Lloyd relaxation, the research establishes systematic methods for maintaining optimization intelligence across design scales. The framework successfully achieves material reduction ratios of 20.2-79.7% while maintaining structural integrity (safety factors 1.8-3.6), demonstrates strong parameter-performance correlations ($R^2=0.910$), and establishes a rigorous Environmental Risk Assessment Framework (ERAF) with a quantified $1.22\times$ innovation risk factor. This research transforms multi-scale optimization from computational theory into practical design tools for sustainable architecture.

Chapter 1 establishes the research context by identifying three critical methodological gaps in computational architecture: multi-scale integration, stress field coupling, and innovation risk assessment. The chapter justifies PETG material selection and defines three primary research objectives addressing these gaps.

Chapter 2 develops the integrated three-step optimization methodology, establishing computational workflows that couple Rhinoceros 3D, Grasshopper, tOpos, Karamba3D, and ANSYS. Material properties for PETG are characterized (density 1270 kg/m³, Young's modulus 2.21 GPa) and standardized loading conditions defined (2.4 kN/m² surface pressure).

Chapter 3 implements SIMP topology optimization with stress-responsive Voronoi tessellation, generating 665 strategically positioned control points from optimization results. The macro-scale framework achieves strong stress-geometry correlation ($r=0.82$) and 38% material distribution efficiency improvement compared to uniform tessellation.

Chapter 4 develops hierarchical single-seed encoding, reducing optimization complexity from 1,444 variables to single-parameter control. RBFMOpt identifies 3 Pareto-optimal solutions within 3.1 hours (versus 48-72 hours for traditional methods). Stress-weighted Lloyd relaxation achieves geometric regularization with 15-20% stress uniformity improvement while preserving structural performance.

Chapter 5 validates the framework through systematic finite element analysis of 20 design variants, establishing predictive regression models ($R^2=0.910$) and confirming structural viability across all configurations. The

Efficiency Index framework quantifies material-performance trade-offs, with optimal configurations achieving 49.9% material reduction.

Chapter 6 introduces the Environmental Risk Assessment Framework (ERAF), deriving a $1.22\times$ innovation risk factor through Bayesian uncertainty propagation. Fair comparison shows 10% environmental benefits, while risk-adjusted assessment reveals moderate penalties, demonstrating the framework provides balanced evaluation of computational innovations.

Chapter 7 synthesizes research achievements, acknowledging simulation-based limitations while confirming methodological contributions. The framework successfully bridges computational optimization theory with practical architectural application.

This research establishes the first systematic methodology for preserving optimization intelligence across multiple design scales in computational architecture. The hierarchical single-seed encoding innovation makes high-dimensional spatial optimization computationally feasible, while the ERAF framework provides essential tools for honest evaluation of architectural innovations. The demonstrated ability to achieve substantial material reduction (up to 79.7%) while maintaining structural integrity offers significant potential for sustainable construction practices. Beyond immediate applications, the methodological frameworks are transferable to diverse computational design challenges, positioning this work as foundational for the evolution of computational architecture from experimental methodology to practical design tools. The research contributes to global sustainability goals by providing rigorous methods for developing materially efficient structures while maintaining scientific integrity in innovation assessment.

論文審査の結果の要旨

本論文は、空間ボロノイシエル構造体の応力応答による最適化手法と環境リスク評価を統合した、包括的なマルチスケールの計算フレームワークを開発することを目的としている。

第1章では、建築における性能主導型設計が、地球規模の資源効率向上への取り組みと結びついている背景を説明し、建設業界が世界の二酸化炭素排出量の約40%を占めること、またプラスチック廃棄物の大量消費・排出に関与している現状を指摘している。

第2章では、開発した統合的な計算フレームワークについて詳述している。SIMPトポロジー最適化、遺伝的アルゴリズム、ロイド緩和法を組み合わせた3段階の最適化手法を提示し、これらが統一された計算環境でどのように連携するかを説明している。

第3章では、SIMPトポロジー最適化と適応型ボロノイテセレーションを用いて、マクロスケールにおける応力応答型の形態探索が可能であることを実証している。

第4章では、階層的なシングルシードエンコーディングを用い、1,444の制御点を持つ複雑な最適化問題を単一変数にまで次元削減し、RBFMOpt(多目的最適化)を用いて数時間以内にパレート最適解を見出すことを可能にしている。また、応力加重ロイド緩和アルゴリズムにより、構造性能を維持しながら幾何学的品質を40~60%改善している。

第5章では、マクロ、メソ、マイクロの各スケールにおける最適化の有効性を、有限要素解析によって包括的に検証している。20の異なる設計バリエーションを分析し、リブ幅が構造性能に最も大きな影響を与える主要パラメータであることを定量的に明らかにした。

第6章では、ERAF(環境リスク評価フレームワーク)を提案し、構造システムが持つ不確実性を定量化する手法を開発している。革新リスクファクター $1.22\times$ を導出し、リスク調整評価により、最適化されたPETG構造体は、従来のコンクリートやアルミニウムと比較して、環境面で競争力があることを示している。

第7章では、研究の成果を総括し、計算フレームワークの限界と今後の研究の方向性について論じている。本研究が、マテリアル効率を追求しながら建築的可能性を拡大する、アルゴリズムを用いて最適化された構造体の実現に向けた基礎的な方法論を提供したことを強調している。

以上、本論文は、ボロノイシエル構造システムの最適化と持続可能性評価を体系的に統合する独自のフレームワークを提案し、その有効性を厳密に検証してい

る。近年、建築分野でもアルゴリズムデザインが増加する中、理論的な最適化技術を実用的な建築設計ツールへと発展させる重要な研究であり、建築設計分野、特にアルゴリズムデザイン分野に大きく貢献する。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨
第 39 号 (2025 年 9 月授与)

発行日 2025 年 10 月
編集・発行 北九州市立大学 学務課
 〒808-0135
 北九州市若松区ひびきの 1-1
 TEL 093-695-3330