

2025 年度

博士學位論文

内容の要旨および
審査結果の要旨

第40号

(2026年3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 341 号	横峯 冴映 (ヨコミネ サエ)	1
博士(工学)	甲第 342 号	LIA NURBANILLAH FUJIAN TI (リア ヌルバンニラ フジアンチ)	4
博士(工学)	甲第 343 号	山手 健矢 (ヤマテ ケンヤ)	7
博士(工学)	甲第 344 号	田代 典大 (タシロ テンタ)	10
博士(工学)	甲第 345 号	刘 欣 (リュウ シン)	13
博士(工学)	甲第 346 号	DINI HARDILLA (デニ ハルデアイラ)	16
博士(工学)	甲第 347 号	尹 婷婷 (イン テイテイ)	20
博士(工学)	甲第 348 号	吴 昊 (ウ ハオ)	24
博士(工学)	甲第 349 号	王 婵娟 (オウ センケン)	29
博士(工学)	甲第 350 号	解 画粤 (カイ ガエツ)	33
博士(工学)	甲第 351 号	黄 铭浩 (コウ メイコウ)	37
博士(工学)	甲第 352 号	李 彦夫 (リ エンフ)	40
博士(工学)	甲第 353 号	MEGA ULIMAZ (メガ ウリマス)	45
博士(工学)	甲第 354 号	毛 静 (モ ジーン)	49

博士(工学)	甲第 355 号	李 雅娟 (リガケン)	53
博士(学術)	甲第 138 号	MARINI AMBO WELLANG (マリニ アンボ ウェラング)	57
博士(工学)	甲第 356 号	陈 晨 (チン シン)	63
博士(工学)	乙第 14 号	古閑 豊和 (コガ トヨカズ)	67
博士(工学)	乙第 15 号	平川 清 (ヒラカワ キヨシ)	70

フリガナ 氏名 (本籍)	ヨコミネ サエ 横峯 冴映 (福岡県)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲第341号
学位授与年月日	2026年3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	培養環境設計と肝細胞スフェロイド特性の関係性に関する研究 (Study on the relationship between culture environment design and hepatocyte spheroid characteristics)
論文審査委員	主 査 中澤 浩二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学)) 審査委員 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)) 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)) 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))

論文内容の要旨

肝臓は代謝の中心臓器であることから、培養肝細胞は創薬・毒性研究や各種代謝研究などに活発に利用されている。しかしながら、生体肝組織から分離した肝細胞は、機能発現や生存率が速やかに低下や消失するという課題を抱えている。この問題を解決する手段の一つとして、近年、細胞同士の集合と凝集化によって生体類似構造が形成される球状細胞組織体（スフェロイド）培養技術が注目されている。現在、肝細胞スフェロイドに関する多くの研究が報告されているが、培養環境と肝細胞スフェロイドの関係性に関する知見は少ない。そこで本研究では、肝細胞スフェロイドのサイズや位置関係を制御できる培養技術を利用して、液性因子刺激、スフェロイド形態、培養酸素環境の違いがラット肝細胞スフェロイド特性に与える効果を明らかにした。

規則的な微小空間を多数有する培養基材（マイクロウェル培養チップ）を独自に設計・作製し、本研究に利用した。まず、肝細胞刺激液性因子として知られるヒドロコルチゾン（ホルモン的一种）に着目した。ヒドロコルチゾンの存在は細胞-細胞間相互作用を促進し、スフェロイド形態の安定化と肝機能発現の向上に作用した。また、スフェロイド培養は従来の単層培養よりも高いヒドロコルチゾン応答性を有し、細胞形態によって液性因子応答性が異なることが明らかになった。次に、培養チップ表面特性を変化させ、浮遊型（ポリエチレングリコール表面）と接着型（ポリイミド表面）スフェロイドの特徴を比較した。接着型スフェロイドは、細胞-細胞間の相互作用に加え、細胞-基材間の接着刺激効果も増強され、肝細胞の生存性や機能発現が安定して維持される傾向が示された。さらに、アクリル樹脂（非酸素透過性材料）およびシリコーン（酸素透過性材料）からなる培養チップをそれぞれ作製し、培養酸素環境とスフェロイド特性の関係を比較した。酸素環境の違いはスフェロイド内部の酸素化状態に影響を与え、シリコーン培養チップでは細胞生存率の改善がみられた。また、培養酸素環境の違いにตอบสนองして、肝細胞スフェロイドの機能発現が変動する現象も明らかにした。

以上の結果から、肝細胞スフェロイド培養における培養環境設計の重要性を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

動物細胞の培養技術は、生命現象解明のような基礎研究から医薬品開発や再生医療などのような応用研究に至る幅広い領域で利用されている。現在、培養技術に関する様々な取り組みが行われているなかで、生体類似構造を有する球状細胞組織体（スフェロイド）培養は注目される技術の一つである。本論文は、複雑多岐な機能を担う肝細胞に焦点を当て、「肝細胞スフェロイド」の特性と培養環境の関係性を明らかにする取り組みである。

第1章と第2章では、国内外の肝細胞研究の現状を述べるとともに、肝細胞スフェロイド培養における培養環境設計の重要性やその課題を指摘した。また、スフェロイドのサイズと配置を制御できる独自の培養チップ技術を利用して、培養環境が肝細胞スフェロイドに与える効果を明らかにするという本研究の発想とオリジナリティーを論じた。

第3章では、液性因子の一種であるヒドロコルチゾン刺激に着目した。ヒドロコルチゾンの存在は、細胞間結合の増強によるスフェロイド形態の安定化を促すとともに、肝機能発現の向上に作用した。また、スフェロイド培養は従来の単層培養に比べて高いヒドロコルチゾン応答能を有することも明らかにした。第4章では、スフェロイド形態に着目し、培養チップ表面特性を変化させることで浮遊型（ポリエチレングリコール表面）と接着型（ポリイミド表面）スフェロイドを作製し、その特徴を比較した。接着型スフェロイドでは、細胞-細胞間と細胞-基材間の刺激効果が高まり、肝細胞の生存性や機能発現が安定化されることを見出した。第5章では、アクリル樹脂（非酸素透過性材）およびシリコーン（酸素透過性材料）からなる培養チップを設計・作製し、培養酸素環境とスフェロイド特性の関係を評価した。酸素環境の違いはスフェロイド内部の酸素化状態に影響を与え、良好な酸素環境では細胞の生存率や基礎代謝能の改善がみられた。また、酸素環境の違いに応答して、肝細胞スフェロイドの機能発現が変動することも見出した。第6章では、本論文の総括を行い、今後の展望について論じた。

これらの研究成果は、スフェロイド培養の有効性と培養環境設計の重要性を明らかにするものであり、細胞培養分野の発展に大きく貢献するものである。

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)	リア ヌルバニラ フジアンチ LIA NURBANILLAH FUJIANTI (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第342号
学位授与年月日	2026年3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	Biological Systems Thinking for Sustainable Organic Waste Management: A Multiscale Assessment of Black Soldier Fly Bioconversion in Indonesia (持続可能な有機性廃棄物管理のための生物システムの思考：インドネシアにおけるブラックソルジャーフライの生物変換に関するマルチスケール評価)
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 仲尾 晋一郎 (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 dissertation evaluates the sustainability of organic waste management using black soldier fly (BSF) technology in Indonesia from environmental, economic, and social perspectives. The study examines BSF implementation at household and municipal scales. A bibliometric analysis of 458 Scopus-indexed publications on food waste management in Asia (2000–2026) identifies emerging research trends including BSF larvae, circular economy, and machine learning. A case study in Cimahi City investigates BSF-based organic waste management systems and community participation. Household-scale implementation through the Maggot-in-the-Box system is assessed using Life Cycle Assessment (LCA), Cost–Benefit Analysis (CBA), and social perception analysis, demonstrating economic feasibility, lower greenhouse gas emissions, and positive user acceptance. Municipal-scale assessment integrates LCA and Social Return on Investment (SROI), showing that BSF treatment performs better environmentally than windrow composting and anaerobic digestion while generating significant social value. Survey and text mining analysis of community perspectives in Bandung further reveal strong public recognition of environmental and economic benefits of BSF-based organic waste management.

論文審査の結果の要旨

インドネシアでは、家庭ごみにおける有機性廃棄物の割合が高く、埋立処分量を減らすために発生源での減量化が期待されている。現在高い需要がある技術の一つに、ブラックソルジャーフライ（BSF）を活用した有機性廃棄物の再資源化がある。しかし、BSF を用いた有機性廃棄物管理の環境的・経済的・社会的側面を同時に評価した研究は限定的である。本研究は、マルチスケールにわたる BSF 導入の総合評価手法を構築することを目的としている。

本論文は、全 7 章で構成されている。第 1 章では、研究課題とこれまでの知見とのギャップを特定し、研究の目的と枠組みを明らかにしている。第 2 章では、アジアにおける食品廃棄物管理に関する文献 458 件（2000～2026 年）を対象に文献計量分析を実施し、研究動向と地域における BSF 技術の役割を検証している。第 3 章では、小都市であるチマヒ市における BSF を活用した有機性廃棄物管理について、地理的特性、人口統計学的背景、政策枠組み、地域コミュニティによる活動等の観点から現状を分析している。第 4 章では、ライフサイクルアセスメント（LCA）を用いて、世帯規模の BSF 導入事例をコンポスト化と比較することで有効性を評価している。さらに、費用便益分析を用いて経済的実現可能性を、潜在ディリクレ配分法（LDA）を用いて利用者の受容性を評価している。第 5 章では、BSF 導入をよりスケールの大きな技術（好気性堆肥化、嫌気性消化）と比較することで、自治体規模を対象とした評価を行っている。LCA の他、SROI 分析を用いて、BSF が地域社会に及ぼす社会的・経済的便益を評価している。第 6 章では、大都市であるバンドン市における BSF ベースの有機性廃棄物管理に対する市民の受容性を分析するために、市民アンケート調査を実施し、LDA を用いて分析している。第 7 章では、本論文を総括するとともに、BSF ベースシステムの研究の検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、インドネシアにおける BSF を用いた有機性廃棄物管理システムを評価するために、環境・経済・社会的側面を統合化し、包括的かつ多層的な視点から分析を行ったものである。本研究の成果は、途上国における都市廃棄物処理の総合評価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）	ヤマテ ケンヤ 山手 健矢（福岡県）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第343号
学位授与年月日	2026年3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	カンボジアのカシューナッツ産業の発展に向けた研究：環境負荷削減、副産物利用、AI技術の活用 (Advancing Cambodia's Cashew Industry through Environmental Impact Reduction, By-Product Utilization, and the Adoption of AI Technologies)
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 泉 政明 (北九州市立大学国際環境工学部教授 学術博士)

論文内容の要旨

本研究は、急速に発展するカンボジアのカシューナッツ産業を対象に、加工工程、副産物利用、品質管理という三つの主要領域を横断的に分析し、同国に適した持続可能な加工モデルを提示することを目的とした。第1章では、既存研究が栽培段階に偏り、加工プロセスの実態、環境負荷、副産物価値、品質管理の精度など基礎情報が未整備であるという研究ギャップを明示し、本研究の意義と目的を設定した。第2章では、ナッツ類の環境負荷構造、副産物利用、品質選別技術について国際的研究を整理し、加工工程を実測データに基づいて評価した研究が極めて少ないこと、また途上国現場に適したAI手法の応用研究が不足していることを示し、本研究の必要性を位置づけた。第3章では、複数の加工工場において蒸煮、乾燥、殻剥き、薄皮除去など主要工程を詳細に計測し、処理時間、機械化率、燃料投入量、生産性を体系的に比較した。その結果、乾燥工程の熱エネルギー依存がGHG排出の主要因であること、機械化が処理能力を大きく改善する一方、熟練作業者の技能が依然として重要であることが明らかとなった。LCA分析により、工場間の工程設計の差異が環境負荷と生産性に大きく影響することを示した。

第4章では、カシューアップル、搾汁かす、殻、剪定枝などの副産物について、生成量、発熱量、労働価値、燃料代替価値を定量化した。とくに殻と剪定枝は加工工程の燃料として再投入可能であり、年間数百USD規模の価値を持つことを明らかにした。また、カシューアップルは低単価ながら季節労働機会を生み、農家所得や地域雇用の補完に寄与し得ることを示した。第5章では、従来の水選別・目視選別の課題を整理し、正常データのみで学習可能な異常検知型AIモデルPatchCoreをカシューナッツ品質検査に初めて適用した。少量データ環境でも高精度の欠陥検出が可能であり、途上国加工現場における品質管理の標準化、省力化に貢献し得ることを示した。第6章では、以上の成果を総合し、本研究がカンボジアのカシューナッツ産業における生産性向上、環境負荷低減、副産物活用、品質改善のための基盤的知見を提供したことを示した。また、機械化支援、副産物市場整備、AI導入支援など政策的含意を提示し、調査対象の制約やデータ量の限界を踏まえて、全国規模調査や拡張LCA、AIモデルの実装研究が今後の課題であることを述べた。本研究は、加工・副産物・品質管理を統合的に評価した初の包括的研究として、カンボジアの持続可能で競争力のある産業構築に向けた学術的・実務的基盤を提供するものである。

論文審査の結果の要旨

本研究は、急速に拡大するカンボジアのカシューナッツ産業を対象に、加工工程自動化による環境負荷と効率、栽培時の副産物利用による地域の労働者収入の安定とエネルギー資源としての可能性、品質管理への AI 活用に着目し、同国に適した栽培・加工方法の改善方策を示すことを目的としている。

第 1 章では、既存研究が栽培段階に偏り、加工工程の実態、環境負荷、副産物価値、品質管理の精度などの基礎情報が未整備である点を指摘し、本研究の目的を示している。第 2 章では、ナッツ類の環境負荷の構造、副産物利用、品質選別技術について既存研究を整理し、実測データに基づく加工工程の評価や発展途上国の現場に適した AI 手法の応用研究の不足を示し、本研究の必要性を明確にしている。第 3 章では、カンボジアとベトナムの機械化の度合いが異なる 3 つのカシューナッツ加工工場において蒸煮、乾燥、殻剥き、薄皮除去などの主要工程に必要なエネルギーと労働の投入量を計測して比較している。ライフサイクルアセスメントにより、乾燥工程へのエネルギー投入が温室効果ガス排出の主要因であること、工場間の工程の差異が環境負荷と生産性に大きく影響すること等を示している。第 4 章では、カシューアップル、搾汁かす、殻、剪定枝などのカシューナッツ栽培時の副産物について、発生量、発熱量、販売収入、収集・加工に関わる労働者の収入を調べている。殻と剪定枝が部分的には燃料として販売され、すでに農園の収入増大に寄与していること、カシューアップルは低単価でありあまり利用されていないが、労働機会を作ることでとくに凶作時の労働者収入の安定に寄与し得ること等が示されている。第 5 章では、従来の水選別・目視選別によるカシューナッツの品質管理の課題を整理し、正常データのみで学習可能な異常検知型 AI モデル PatchCore をカシューナッツ品質検査に初めて適用している。少量データでも高精度の欠陥検出が可能であり、発展途上国の加工現場における品質管理の省力化に貢献し得ることを示している。第 6 章では、以上の成果をまとめ、機械化支援、副産物市場整備、AI 導入支援などの政策的な提言を行っている。

以上、本研究は、カンボジアのカシューナッツ生産改善について生産効率、環境、地域経済への貢献の面から総合的に論じており、環境システム工学において大きな意義がある。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)	タシロ テンタ 田代 典大 (熊本県)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第344号
学位授与年月日	2026年3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	衝撃波を伴う超音速噴流の定量的可視化 (Quantitative Visualization of Shock-Containing Supersonic Jets)
論文審査委員	主 査 仲尾 晋一郎 (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 吉山 定見 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学)) 審査委員 宮里 義昭 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学)) 審査委員 高島 康裕 (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

超音速噴流は、航空機やロケットの推進系、小型人工衛星の姿勢制御、微粒子除去など、航空宇宙工学および機械工学分野において幅広く利用されている。一方で、衝撃波を伴う超音速噴流は、ショックセル構造やマッハディスクの形成、さらにはスクリーチノイズの発生など、極めて複雑な流動特性を示す。これらの現象は噴流騒音の増大や周辺機器の音響疲労の原因となるため、噴流内部の衝撃波構造および超音速長さを定量的に把握することが重要な課題である。しかし、特にノズル出口近傍における三次元的な衝撃波構造、密度場、および超音速長さを、実験的に高精度かつ定量的に評価した研究は依然として少ない。

本研究の目的は、衝撃波を伴う超音速噴流に対して光学的定量可視化法を適用し、ノズル出口近傍に形成される噴流構造および噴流の大域的な流動特性を実験的に定量評価することである。軸対称先細ノズルおよび軸対称ラバルノズルから噴出する超音速噴流を対象とし、レインボーシュリーレン偏向法 (RSD) およびマッハ・ツェンダー干渉法 (MZI) を用いて、非接触かつ高空間分解能で密度場を計測した。これにより、ショックセル構造、マッハディスクの形成位置、および噴流中心軸上の密度分布を同一の基準で定量化した。

さらに、得られた実験結果を渦層モデル (VSM) およびレイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 方程式に基づく数値解析結果と比較した。その結果、不足膨張超音速噴流に特有のショックセル構造および超音速長さを高精度に捉えることが可能であることを示し、ノズル形状および圧力比が噴流構造に及ぼす影響を定量的に明らかにした。また、軸対称ラバルノズルから排出される超音速噴流におけるショックセルの形成メカニズムについて、四つの異なるアプローチから再検討した。その結果、二つの異なる圧縮過程が存在することを明らかにした。

本研究で得られた成果は、衝撃波を伴う超音速噴流の基礎的理解を深化させるとともに、噴流騒音低減および流動制御技術の高度化に対する基盤的知見を提供するものである。

論文審査の結果の要旨

超音速噴流は、航空機やロケットの推進系、小型人工衛星の姿勢制御、微粒子除去など、航空宇宙工学および機械工学分野において幅広く利用されている。一方で、衝撃波を伴う超音速噴流は、ショックセル構造やマッハディスクの形成、さらにはスクリーチノイズの発生など、極めて複雑な流動特性を示す。これらの現象は噴流騒音の増大や周辺機器の音響疲労の原因となるため、噴流内部の衝撃波構造および超音速長さを定量的に把握することが重要な課題である。しかし、特にノズル出口近傍における三次元的な衝撃波構造、密度場、および超音速長さを、実験的に高精度かつ定量的に評価した研究は依然として少ない。

本研究の目的は、衝撃波を伴う超音速噴流に対して光学的定量可視化法を適用し、ノズル出口近傍に形成される噴流構造および噴流の大域的な流動特性を実験的に定量評価することである。軸対称先細ノズルおよび軸対称ラバルノズルから噴出する超音速噴流を対象とし、レインボーシュリーレン偏向法 (RSD) およびマッハ・ツェンダー干渉法 (MZI) を用いて、非接触かつ高空間分解能で密度場を計測した。これにより、ショックセル構造、マッハディスクの形成位置、および噴流中心軸上の密度分布を同一の基準で定量化した。

さらに、得られた実験結果を渦層モデル (VSM) およびレイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 方程式に基づく数値解析結果と比較した。その結果、不足膨張超音速噴流に特有のショックセル構造および超音速長さを高精度に捉えることが可能であることを示し、ノズル形状および圧力比が噴流構造に及ぼす影響を定量的に明らかにした。また、軸対称ラバルノズルから排出される超音速噴流におけるショックセルの形成メカニズムについて、四つの異なるアプローチから再検討した。その結果、二つの異なる圧縮過程が存在することを明らかにした。

学位論文審査会において、論文の内容について問題なく発表し、予備審査会において指摘があった個所の修正や説明も追加されていた。

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）	リュウ シン 刘 欣（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第345号
学位授与年月日	2026年3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	A study on performance optimization of office buildings in cold regions based on window-to-wall ratio and external shading （窓壁比および外付け日射遮蔽に基づく寒冷地域オフィス建築の性能最適化に関する研究）
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 河野 智謙 （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

Office buildings in cold regions are characterized by long heating periods, strong seasonal temperature variation, and increasing comfort demands, making façade design a critical factor in energy performance. Window-to-wall ratio (WWR), glazing performance, and external shading jointly affect thermal comfort, daylighting, and energy consumption. However, existing studies often treat these parameters independently and under static assumptions. This research takes Qingdao, a representative cold-region city in China, as a case study to investigate the coupled effects of façade design and occupant behavior using dynamic simulation and optimization methods.

Chapter 1 reviews the research background and related studies on WWR and building energy performance, identifying the lack of integrated and behavior-responsive optimization approaches in cold-region office buildings.

Chapter 2 introduces China's building thermal zoning system and the climatic characteristics of Qingdao. A TRNSYS-based dynamic simulation platform is established to support time-dependent performance analysis.

Chapter 3 analyzes occupant behavior based on questionnaire surveys and identifies three representative behavior modes.

Chapter 4 examines the impact of window-to-wall ratio on indoor thermal behavior and energy performance. The results reveal a clear nonlinear relationship, in which excessive WWR increases cooling demand and temperature fluctuation, while a moderate WWR provides a more balanced thermal and energy performance.

Chapter 5 examines the seasonal effects of WWR and glazing combinations. Although single glazing enhances short-term passive thermal comfort during winter daytime, its high heat loss results in inferior annual performance, whereas double and Low-E glazing reduce heat loss and provide more stable and energy-efficient indoor conditions.

Chapter 6 applies a multi-objective optimization framework based on NSGA-III to external shading design, balancing daylight availability, glare control, energy use intensity, and thermal comfort. The results identify representative shading strategies and clarify key performance trade-offs for early-stage façade design.

Chapter 7 demonstrates that occupant behavior strongly amplifies energy consumption differences, especially in high-WWR buildings.

Chapter 8 Conclusions and Prospect.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国の寒冷地域を代表する都市である青島市を対象とし、動的シミュレーションおよび多目的最適化手法を用いて、建築外皮設計と居住者行動が建築性能に及ぼす複合的影響を体系的に分析することを目的としている。

第1章では、研究の背景および既往研究を整理し、研究目的と重要性を明確にしている。

第2章では、中国の建築熱環境区分および青島市の気候特性を示すとともに、時間依存型性能分析のための動的シミュレーション手法を構築している。

第3章では、アンケート調査に基づき居住者行動を分析し、代表的な3つの行動モードを抽出している。

第4章では、窓壁比が室内熱挙動およびエネルギー性能に与える影響を分析し、両者の間に明確な非線形関係が存在することを示している。特に、過度に大きな窓壁比は冷房負荷および室温変動を増大させる一方、適度な窓壁比は熱的快適性とエネルギー性能のより良好なバランスをもたらすことを明らかにしている。

第5章では、窓壁比とガラス仕様の組み合わせによる季節別影響を検討し、単板ガラスは冬季昼間の短期的な受動的熱快適性を向上させるものの、年間を通じた性能では劣ることを示している。一方、複層ガラスおよびLow-Eガラスは熱損失を低減し、より安定かつ高効率な室内熱環境を実現することを明らかにしている。

第6章では、多目的最適化手法を外部遮蔽設計に適用し、採光性能、グレア制御、エネルギー消費強度および熱的快適性のバランス関係を明らかにしている。これにより、初期設計段階における意思決定支援ができることを提示している。

第7章では、窓壁比と居住者行動の相乗効果を分析し、特に高い窓壁比建築において居住者行動がエネルギー消費量の差異を大きく増幅させることを示している。

第8章では、本研究の成果を総括するとともに、今後の研究課題および展望を示している。

以上より、本研究は寒冷地域のオフィス建築を対象として、動的シミュレーション、多目的最適化および居住者行動分析を総合的に適用し、窓壁比、ガラス性能および外部遮蔽設計が建築の熱環境、エネルギー消費ならびに熱的快適性に及ぼす影響を体系的に明らかにしたものである。これらの成果は、寒冷地域オフィス建築における省エネルギー設計・評価に対して有益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と認める。

フリガナ 氏名 (本籍)	デニ ハルデイヤ DINI HARDILLA (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第346号
学位授与年月日	2026年3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 user centered design expression through user activities across neighborhood parks (近隣公園における利用者活動に基づくユーザー中心設計表現の研究)
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 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 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 research aims to connect user activity with spatial context through a user-centered perspective with 3 main objectives: identify spatial context and patterns of user distribution within neighborhood parks; determine key spatial and physical features that influence park use; and examine how temporal factors shape the performance of park features and user activity patterns. These objectives provide a structured basis for understanding how space, features, and time interact to influence park use.

Chapter 1 explained how user density, park layout, actual activities, and time-related factors are connected in neighborhood parks. This chapter applies a comparative and descriptive approach using government park data and field observation to understand existing conditions. The results show that park use are episodic pattern, while park layout is linked to activity patterns, and indicate that weather, season, day, and time influence user intensity, while user circulation patterns are closely related to user demographics.

Chapter 2 reviews previous studies on spatial characteristics and zoning, accessibility and features, temporal activity patterns, and simulation-based evaluation. The chapter compares research focus and methods, especially those related to user-centered approach and behavior mapping. The review shows that most studies rely on one method, while this research combines three different methods: direct observation, spatial analysis, and data-driven analysis to better understand user dynamics across multiple neighborhood parks.

Chapter 3 explains five stage framework is used to identify spatial characteristics, existing layout, user activities, and time-related conditions across 39 neighborhood parks of the study area in four categories. GIS analysis, feature-density indicators, and statistical tests examine the relationships between space, time, and activity. Regression and random forest models are then used to predict and simulate usage patterns under different scenarios with higher accuracy and clearer causal interpretation.

Chapter 4 focuses on understanding spatial structure and usage patterns using GIS-based spatial, statistical analysis, and a random forest model. The findings show that most parks are in high-density residential areas and work as green sitting spaces for mixed users. Spatial characteristics, surrounding context, and park layout have moderate and non-linear relationships with user activity. The simulation reveals clear social-spatial zoning, where different activities cluster in specific areas of the park.

Chapter 5 examines how micro-scale spatial (amenity density, compactness, accessibility) influences park amenities performance by classifying park space into edge, transition, and core zones, and applying scenario-based simulations to evaluate user intensity across 39 neighborhood parks. The results show that park location, visibility, and spatial integration strongly affect accessibility and activity levels. The simulations confirm that park size, perimeter, and amenity availability shape both activity intensity and its spatial distribution.

Chapter 6 examines how time-related factors and spatial conditions influence shade-activities covered and park use, using GIS Hotspot and statistical analysis. Temporal simulation is applied to test different usage scenarios. The results show clear differences in shade patterns due to tree canopy location. Weather, time, and season strongly influence user intensity and distribution. The study simulation recommends prioritizing movable seating, modular equipment, and flexible zoning to support changing use patterns.

Chapter 7 addresses key questions that emerge from the results of the previous chapters, by statistical checks to test the consistency and correlations among major findings and compares them with earlier studies from similar and different urban contexts. The results confirm that spatial context plays a central role in shaping how users distribute within small parks. Dynamic density, complex temporal, and integrating placement create a dynamic design.

Chapter 8 connects the research hypotheses with the main findings to develop clear recommendations based on User-Centered Design principles. It summarizes how data, tools, and analysis procedures support this synthesis. The chapter explains what the study contributes, along with its achievements and limitations, highlights pathway layout, amenity distribution, and temporal factors related to user activity patterns. These relationships are used to answer research questions and inform practical park planning.

論文審査の結果の要旨

本研究は、近隣公園を対象として、利用者活動と空間的文脈との関係をユーザー中心設計の視点から明らかにすることを目的とする。具体的には、利用者分布、空間特性、物理的要素および時間的要因が公園利用に及ぼす影響を分析し、それらの相互関係を明らかにしている。

第1章では、研究の背景と目的を示し、近隣公園における利用者密度、公園配置、活動内容および時間的要因を整理している。

第2章では、近隣公園の空間構成および利用行動に関する既往研究を整理し、ユーザー中心アプローチの研究動向を踏まえて、本研究の分析枠組みの理論的基礎を示した。

第3章では、39か所の近隣公園を対象に、空間特性、配置構成、利用者活動および時間条件を把握する分析フレームワークを構築した。GIS分析および統計解析に加え、回帰分析やランダムフォレストモデルを用いて、空間・時間・活動の関係性を定量的に検証した。

第4章では、GISを用いた空間分析および統計解析により、公園の空間構造と利用実態を示した。近隣公園が高密度住宅地に立地し、滞留型の緑地空間として機能していること、ならびに活動が特定エリアに集積する傾向を示した。

第5章では、公園空間を領域別に整理し、アメニティ密度、空間構成、アクセシビリティが利用強度に与える影響を分析した。

第6章では、時間的要因と空間条件が利用行動に及ぼす影響について、日陰条件や季節変化に着目して分析した。

第7章では、前章までの分析結果を統合し、統計的検証および既往研究との比較を通じて考察を行い、動的な利用変化に対応した設計の重要性を示した。

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、近隣公園における利用者活動と空間・時間要因との関係を多角的に分析し、公園計画に対する理論的枠組みと実践的示唆を提示したものである。都市計画および公共空間デザイン分野において有用な知見を提供するものであり、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)	イ テイテイ 尹 婷婷 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第347号
学位授与年月日	2026年3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 indoor air quality improvement through ventilation with air purifiers in residential buildings in Northeast China (中国東北地区の住宅における空気清浄機を併用した換気による室内空気質改善に関する研究)
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 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

Balancing indoor air quality (IAQ) improvement with energy efficiency during the heating season presents a major challenge for buildings in cold regions. In Northeast China, prolonged window closure for heat conservation leads to the accumulation of pollutants such as volatile organic compounds (VOCs), formaldehyde (HCHO), and fine particulate matter (PM_{2.5}), posing health risks. This study develops an integrated IAQ improvement strategy by combining empirical analysis with intelligent control, establishing a framework that links perception surveys, field measurements, and reinforcement learning-based optimization to achieve a dynamic balance between pollutant reduction and energy efficiency.

Chapter 1 introduces the research background, highlighting the health–energy dilemma caused by enhanced airtightness and reduced winter ventilation in cold regions of Northeast China, in the context of climate change, public health, the UN SDGs, and China’s “Dual-Carbon” strategy. To address this challenge, the study proposes an integrated framework combining low-cost sensing and reinforcement learning-based intelligent control to balance indoor air quality (IAQ) improvement and energy efficiency.

Chapter 2 reviews indoor air pollution (IAP) and IAQ standards in China, Japan, and international green building frameworks, focusing on VOC sources and control strategies. It critically examines recent advances in low-cost sensing and intelligent control methods, including MPC, RL, and DRL, and identifies key research gaps that motivate the innovation of this study.

Chapter 3 presents a three-phase framework—Subjective–Objective–Application—integrating perception surveys, field measurements, and PPO-based intelligent control. The framework links residents’ ventilation behavior, environmental measurements, and adaptive air purifier control for dynamic IAQ management.

Chapter 4 reports a questionnaire survey conducted in Changchun residences during the heating season, analyzing housing characteristics, ventilation behaviors, and subjective comfort and air quality perceptions, which provide baseline data for subsequent measurements and model development.

Chapter 5 presents field measurements of VOCs in Changchun residences, analyzing compound composition, seasonal variation, indoor–outdoor relationships, and the influence of temperature and humidity. The results demonstrate that limited winter ventilation is insufficient to maintain acceptable IAQ.

Chapter 6 analyzes long-term IAQ monitoring data, revealing temporal patterns and correlations among PM_{2.5}, HCHO, thermal conditions, and ventilation behaviors, offering insights into pollutant dynamics in cold-climate residences.

Chapter 7 develops and evaluates a PPO-based reinforcement learning controller for air purifier operation. Experimental results show that, compared with fixed-speed strategies, the proposed controller effectively reduces pollutant exposure while improving energy efficiency and operational robustness.

Chapter 8 conclusions of each chapter have been summarized, and the contents of the future research were expounded.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国東北地区において暖房期に窓の長時間閉鎖が行われることにより、VOC、ホルムアルデヒド、PM2.5などの汚染物質が室内に蓄積しやすいという課題に着目し、これに対応するため、知覚調査、実測、および強化学習に基づく知能制御を統合した研究枠組みを構築している。汚染物質低減と省エネルギーの両立を実現することを本研究の目的としている。

第1章では、研究背景および課題を整理し、研究目的と意義を概説している。

第2章では、室内空気質に関する既往研究のレビューを行い、文献計量分析手法を用いて研究動向を体系的に整理するとともに、本研究の位置付けと重要性を明らかにしている。

第3章では、「主観—客観—応用」の三段階から構成される研究枠組みを提示し、知覚調査、実測、ならびに強化学習に基づく知能制御手法を示している。

第4章では、長春市の住宅を対象としたアンケート調査を実施し、住宅特性、換気行動、ならびに主観的な温熱快適性および空気質認識について分析している。

第5章では、長春市の住宅におけるVOCの実測結果に基づき、成分構成、季節変動特性、室内外濃度比、ならびに温度・相対湿度がVOC濃度に及ぼす影響を明らかにしている。

第6章では、代表的な住宅を対象とした長期室内空気質モニタリング結果を用い、PM2.5およびホルムアルデヒドの時間変動特性を分析し、汚染物質濃度と温熱環境条件および換気行動との関連性を示している。

第7章では、空気清浄機の運転最適化を目的として、強化学習コントローラを構築し、その有効性を検証している。固定風量制御手法と比較して、提案手法がPM2.5およびホルムアルデヒドの暴露低減とエネルギー消費削減を同時に実現できること、ならびに高い安定性と実用性を有することを示している。

第8章では、本研究の結論をまとめ、今後の研究課題と展望を示している。

以上より、本研究は、寒冷地域住宅における室内空気質とエネルギー効率の両立という課題に対し、行動調査、実測データ、および強化学習に基づく知能制御を統合した体系的な研究を行い、建築環境工学分野に有用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)	ウー ハオ 吴 昊 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第348号
学位授与年月日	2026年3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 urban park cooling effect and driving factors (都市公園における冷却効果とその要因に関する研究)
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 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 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

The urban heat island (UHI), exacerbated by urbanization and warming, poses a threat to urban residents' health. While urban parks are key to UHI mitigation, their cooling effects and dynamics of parks remain poorly understood. In this study, building upon a summary of existing research, we explore the effects of parks on the urban heat island effect from several dimensions, including park construction, park types, park locations, and park internal composition. The goal is to provide strategic suggestions for urban sustainable development from the perspective of parks. The article is divided into eight chapters as follows:

Chapter 1 serves as an introduction to the challenges posed by the urban heat island effect, exacerbated by factors such as the rising urban population, climate change, and global warming. The chapter delves into the potential of urban parks in mitigating this effect, highlighting the research questions and objectives that aim to explore the shortcomings in park cooling research. By conducting a comprehensive literature review and analyzing cooling capacity indicators, the study aims to provide insights into optimizing urban park design for climate adaptation planning.

Chapter 2 is literature review, provides an in-depth exploration of the urban heat island effect and the role of urban green spaces, specifically urban parks, in mitigating this phenomenon. The chapter begins with the urban heat island effect, including its classification, causes, effects on human health, urban ecosystem, and climate, as well as measures to mitigate it through urban planning, green spaces, energy use improvements, and water resource management. Furthermore, the review highlights the significance of urban green spaces and urban parks in combating the urban heat island effect, discussing their mechanisms, ecological benefits, and cooling effects.

Chapter 3 provides a detailed overview of the methodology employed in this study, focusing on the software tools and analysis techniques used to investigate the impact of urban parks on mitigating the urban heat island effect. The chapter begins by introducing the software tools utilized, including SPSS for statistical analysis, ENVI for image processing, ArcGIS for spatial analysis, Fragstats for landscape pattern analysis, and Origin for data visualization. The methodology further delves into the process of land surface temperature inversion, utilizing Landsat remote sensing data for analysis. Moreover, the chapter explores various correlation analysis methods employed in this study, including Spearman's rank correlation analysis, Pearson correlation analysis, linear regression analysis, and random forest analysis.

Chapter 4 examines the impact of park types on their cooling capabilities. Based on remote sensing and GIS tools, the spatial characteristics of heat island effect in Hangzhou are analyzed to explore the different characteristics of different types of urban parks to mitigate the heat island effect and the main influencing factors, the results show that: 1) Different types of parks have certain cooling effect on their internal and peripheral areas, with mountain wetland parks having the best cooling effect and specialized parks the worst; 2) The perimeter, area and vegetation coverage of parks are negatively correlated with their internal temperature; 3) The correlation between park temperature and area gradually decreases as the area increases, and when the area is larger than 40 ha, the size of the park no longer becomes the main influencing factor of its internal temperature.

Chapter 5 focuses on the impact of the riverfront park on the park's cooling capacity. In this chapter, we assessed the cooling capacity of different urban blue-green combined spaces by selecting three key parameters: river cooling distance (RCD), river cooling intensity (RCI), and river cooling gradient (RCG). Spearman correlation, Random Forest, and linear regression analysis were employed to explore the relationships between these cooling indicators and riverside spatial configuration. The results demonstrate that the development of riverside parks can significantly amplify the cooling effect of urban rivers, increasing the RCD by 178 m, the RCI by 0.85 °C, and the RCG by 0.62 °C compared to areas lacking such parks. Notably, wind direction has a substantial impact on RCD, while its influence on RCI is minimal. The length of the park along the river primarily affects both RCD and RCG, contributing over 30% to their variance, whereas RCI is mainly determined by the spatial configuration of green spaces, accounting for 43%.

Chapter 6 examines the impact of the composition of the internal land use in the park on its cooling capacity. In this chapter, we investigated the cooling effect of 60 parks in Hangzhou, by quantifying both the maximum and accumulated cooling effects. Significant cooling effects were observed in all 60 parks, with an average cooling distance of 364m, range of 2.99°C, and area of 241.35ha. Park types vary in cooling effects, which are primarily influenced by park area, perimeter, shape, ISAP (impervious surface area proportion), and GAP (green area proportion). Community and theme parks are influenced by area and ISAP, while mountain and comprehensive parks are affected by shape and GAP. Strip and wetland parks experience influences from ISAP, and GAP. Setting the park area at 133ha and limiting the ISAP to less than 40% is recommended to achieve a significant cooling effect.

Chapter 7 mainly explores the changing characteristics of the urban

thermal environment before and after the construction of the new park. In this chapter, 20 new parks in Hangzhou were selected to investigate the characteristics of urban land surface temperatures (LST) alterations before-and-after park construction by using the single-window inversion on three years of Landsat 8 satellite imagery. Correlation analysis and Random Forest model were utilized to explore the influence of park attributes and surrounding landscapes on their cooling impact. The results indicate that newly constructed parks significantly reduce urban LST: by 0.31°C inside the park and 0.64°C in its surroundings, reaching 0.84°C and 1.08°C as parks mature. From 2022 to 2023, average park cooling distance (PCD) increased from 104.40m to 147.50m, park cooling area (PCA) expanded from 14.11ha to 17.88ha, park cooling intensity (PCI) rose from 0.64°C to 1.08°C, and park cooling efficiency (PCE) increased from 4.66 to 7.30. PCA is mainly affected by park area, while PCD, PCE, and PCI are mainly affected by landscape structure of surrounding building patches.

Chapter 8 is the conclusion, we have conducted a comprehensive summary of the study, focusing on the main findings, discussing the significance of the research, and reflecting on the contributions and limitations of the study.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市ヒートアイランド現象の緩和における都市公園の役割に着目し、公園整備の前後比較、公園タイプ、立地条件および内部構成といった複数の視点から、公園の冷却効果とその要因を明らかにすることを目的としている。リモートセンシング、GIS 解析、統計分析および機械学習手法を統合的に用い、都市公園が都市熱環境に及ぼす影響を定量的に評価し、持続可能な都市計画に向けた示唆を提示している。

第 1 章では、都市ヒートアイランド現象を背景として、都市公園が有する冷却機能の重要性を示し、本研究の目的および全体構成を明確にしている。文献レビューを通じて既存研究の課題を整理し、本研究の分析視点を位置づけている。

第 2 章では、都市ヒートアイランド現象および都市公園の冷却メカニズムに関する既往研究を整理し、影響要因や評価手法の特徴を概観するとともに、分析指標選定の理論的基盤を示した。

第 3 章では、分析フレームワークと研究方法を提示した。地表面温度の推定、GIS による空間解析、統計分析および機械学習モデルを組み合わせ、公園特性と冷却効果の関係を多角的に分析する方法論を構築した。

第 4 章では、杭州市を対象に、異なるタイプの都市公園における冷却効果を比較分析し、公園面積や植生被覆率が冷却性能に及ぼす影響を示した。

第 5 章では、河川沿い公園に着目し、ブルーインフラ（水系）とグリーンインフラ（緑地）の相互作用が都市冷却効果を増強することを明らかにした。

第 6 章では、公園内部の土地利用構成と冷却効果の関係を分析し、公園タイプごとに異なる冷却メカニズムが存在することを明らかにした。

第 7 章では、公園整備前後の都市熱環境の変化を分析し、新設公園の冷却効果が時間とともに増大することを明らかにした。

第 8 章では、本研究で得られた知見を総括している。

以上、本論文は、都市公園の冷却効果を多面的かつ定量的に分析し、公園整備が都市熱環境の改善に果たす役割を体系的に示したものである。都市計画およびランドスケープ分野に有用な知見を提供する点で評価でき、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)	王 婵娟 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第349号
学位授与年月日	2026年3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	Effects of multi-scale urban structure on thermal environment and its improvement based on remote sensing and simulation (リモートセンシングとシミュレーションに基づくマルチスケール都市構造が熱環境に及ぼす影響とその改善策に関する研究)
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 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 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

Urbanization has intensified thermal environmental problems in cities, resulting in rising land surface temperatures (LST), increasing energy consumption, and declining outdoor thermal comfort. However, existing studies often focus on a single spatial scale, which limits comprehensive understanding of how urban heat is distributed, generated, and perceived by residents. To address this limitation, this dissertation establishes a comprehensive multi-scale framework linking macro-scale thermal patterns, meso-scale morphological mechanisms, and micro-scale human thermal perception. The findings deepen understanding of thermal environments in coastal cities and provide practical guidance for climate-responsive planning, block renewal, and public space optimization.

Chapter 1: Research background and purpose of the study. This chapter establishes the theoretical background linking global climate change with urban thermal issues and proposes a progressive multi-scale framework for thermal environment analysis and optimization.

Chapter 2: Literature review. This chapter summarizes research progress on outdoor thermal environments across multiple spatial scales and, based on bibliometric analysis, identifies gaps in connecting macro-scale thermal mechanisms with micro-scale thermal comfort.

Chapter 3: Research areas and methodology. This chapter introduces the characteristics of Dalian and presents a multi-scale methodological framework for city-scale LST downscaling, block-scale morphology–thermal relationship analysis, and square-scale thermal comfort evaluation and optimization.

Chapter 4: Identification of thermal characteristics of Dalian city. This chapter develops high-resolution LST data by integrating Landsat-8 thermal infrared data with Sentinel-2 optical data using regression modeling and residual correction to downscale LST from 30 m to 10 m. The resulting dataset reveals detailed spatial patterns of the urban thermal environment, including coastal cooling zones, vegetated cold areas, and inland high-temperature clusters.

Chapter 5: Investigating the impact of urban form on the thermal environment. This chapter classifies blocks in Dalian's central urban area using three-dimensional morphological indicators and examines spatial patterns of block-scale thermal environments. By integrating LST data with OLS and GWR models, it explores spatial heterogeneity in the effects of urban morphology on thermal conditions and identifies key driving factors.

Chapter 6: Thermal assessment and optimization of city squares in Dalian. This chapter evaluates the thermal environment of urban squares based on field measurements, questionnaire surveys, PET analysis, and validated ENVI-met simulations. It analyzes the effects of vegetation, water features, pavement materials, and spatial form on thermal conditions and proposes targeted summer heat-mitigation strategies.

Chapter 7: Conclusions and prospects.

論文審査の結果の要旨

本論文は、都市内における都市・街区・広場を統合的に結び付け、中国東北部の大連市を対象として都市熱環境形成メカニズムを解明するためのマルチスケール分析手法を構築したものである。

第1章では、研究の背景および既往研究を整理し、研究目的と重要性を概説している。

第2章では、複数の空間スケールにおける屋外熱環境研究を分析し、マクロスケールの熱環境メカニズムとミクロスケールの熱快適性評価を結び付ける研究課題を明らかにしている。

第3章では、大連市の自然・都市特性を示すとともに、都市スケールの地表面温度(LST)ダウンスケーリング、街区スケールの都市形態と熱環境関係分析、ならびに広場スケールの熱快適性評価および最適化から構成されるマルチスケール分析手法を提示している。

第4章では、衛星熱赤外データ(Landsat-8)および衛星光学データ(Sentinel-2)を回帰モデルと残差補正手法と組み合わせることにより、地表面温度を30m解像度から10m解像度へと高精度にダウンスケーリングし、沿岸冷却域、植生冷却域および内陸高温集積域の空間分布特性を明らかにしている。

第5章では、三次元都市形態指標を用いて大連市中心部の街区を分類し、街区スケールにおける熱環境パターンを分析している。さらに、最小二乗法(OLS)および地理的加重回帰(GWR)モデルを用いて、地表面温度データを統合的に分析し、都市形態要因が熱環境に及ぼす影響の空間的異質性および主要支配因子を明らかにしている。

第6章では、実測、アンケート調査ならびにシミュレーションを組み合わせ、都市広場の熱環境を総合的に評価するとともに、夏季における熱環境の緩和を目的とした最適化手法を提案している。

第7章では、本研究の成果を総括し、今後の研究展望を示している。

以上より、本論文は、都市の異なるスケールにおける熱環境の空間特徴や熱快適性への影響因子を明らかにしたもので、気候応答型都市計画、街区更新および公共空間の環境設計に対して有益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)	カイ ガエツ 解 画 粵 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第350号
学位授与年月日	2026年3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 optimization and predictive control of building rainwater harvesting systems (建築物における雨水利用システムの最適化および予測制御に 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 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 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

Urban water systems are increasingly shaped by pronounced rainfall variability, aging infrastructure, and rising non-potable water demand. Building-scale rainwater harvesting (RWH) systems provide a direct means to reduce potable-water consumption and alleviate stormwater pressure, yet their effectiveness depends on rainfall–demand dynamics, storage configuration, economic conditions, and operational rules. This dissertation develops an integrated framework to evaluate, optimize, and operate RWH systems in buildings under uncertain climatic and demand environments.

Chapter 1 establishes the motivation and research gaps, highlighting the limited treatment of uncertainty, the absence of cluster-scale analyses, the lack of economic coordination mechanisms, and the minimal exploration of intelligent operation.

Chapter 2 summarizes typical RWH configurations and introduces the study area in the Kitakyushu Science and Research Park, including system layouts, non-potable water-use profiles, and the region’s highly seasonal rainfall, which together form the empirical basis for subsequent analyses.

Chapter 3 constructs an hourly water-balance simulation model and formulates climate and demand perturbation scenarios to examine system robustness. Results show that storage capacity strongly influences potable-water reduction and overflow behavior, but performance gains diminish beyond a certain scale. A feasible capacity interval is identified through scenario-based comparison.

Chapter 4 extends the analysis to a campus–residential cluster and evaluates coordinated operation. Allowing surplus rainwater to be redistributed across zones reduces potable-water supplementation and smooths seasonal fluctuations, while reshaping the temporal structure of overflows.

Chapter 5 assesses economic feasibility using a life-cycle cost framework. Although the campus RWH reduces potable-water use, high construction costs and reduced utility revenue limit economic attractiveness. A cooperative scheme introducing non-potable water tariffs is analyzed, showing that under appropriate tariff and subsidy settings, both the RWH system and the water utility can improve their long-term benefits.

Chapter 6 develops an MPC-like operational strategy based on rainfall forecasts. By introducing a pre-release mechanism, the method adjusts storage ahead of intense rainfall, reducing concentrated overflow events without affecting annual rainwater use or potable-water supplementation.

This demonstrates the potential of lightweight predictive control to enhance operational stability.

Chapter 7 synthesizes the findings and positions RWH as a component of broader urban water management, emphasizing the need for continued research on multi-source integration, economic mechanisms, and adaptive operation under non-stationary climatic conditions.

Overall, the dissertation links scenario-based modeling, capacity optimization, cluster-scale coordination, economic analysis, and predictive operation into a coherent methodology. The results clarify how RWH performance is shaped by hydrologic variability, system scale, economic incentives, and operational design, providing a technical foundation for the effective deployment of building RWH systems in future urban water cycles.

論文審査の結果の要旨

本研究は、建築スケール雨水利用システムを対象に、その性能評価、最適容量設計および運用手法を体系的に検討することを目的としている。特に、気候および需要の不確実性、システム規模、経済条件ならびに運用ルールが雨水利用の有効性に及ぼす影響を統合的に明らかにする分析枠組みを構築している。

第1章では、研究の背景および関連分野の現状と課題を整理し、本研究の目的と意義を概説している。

第2章では、雨水利用システムの基本構成および機能を整理するとともに、北九州学術研究都市を対象として、建物配置、非飲用水需要特性および季節別降雨特性を整理し、以降の解析に用いる条件および実測データの位置付けを明確にしている。

第3章では、時間別水量バランスモデルを構築し、気候および需要シナリオを用いて雨水利用の性能評価を行っている。その結果、貯留容量はシステム性能に大きく影響する一方、一定規模を超えると効果が減少することを示し、実用的な容量範囲の設備導入手法を提案している。

第4章では、キャンパスおよび住宅を含むクラスターを対象として、余剰雨水の相互融通を許容する協調運用モデルを構築し、協調運用によって上水補給量の削減および季節変動の平準化が可能であることを定量的に明らかにしている。

第5章では、ライフサイクルコストに基づき雨水利用の経済性評価を行い、さらに非飲用水料金を導入した協カスキームを分析することで、条件次第では雨水利用導入者と水道事業者の双方にとって長期的便益が向上する可能性を示している。

第6章では、降雨予測を活用したモデル予測制御の運用手法を提案し、事前放流制御によって年間の雨水利用量を維持しつつ、オーバーフローの発生を抑制できることを明らかにしている。

第7章では、研究の結論をまとめ、今後の研究の方向性を展望している。

以上より、本研究は、不確実性を考慮した性能評価、規模設計、協調運用および予測的運用を統合した方法論を提示し、建築スケール雨水利用システムの合理的導入および運用に資する技術的知見を提供するものである。これらの成果は、水資源利用分野において学術的意義および工学的価値を有すると評価できる。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）	コウ メイコウ 黄 铭浩（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第351号
学位授与年月日	2026年3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	Optimization of Thermally Activated Building System Operation in School Building using Model Predictive Control （モデル予測制御を用いた学校建築における躯体蓄熱放射冷暖房システムの運用最適化）
論文審査委員	主 査 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 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

To further reduce operational carbon emissions and achieve more efficient space cooling in buildings, this study develops and optimizes the operational strategies of Thermally Activated Building Systems (TABS) to minimize energy consumption while maintaining indoor thermal comfort. The research consists of three major objectives: (1) performance evaluation and operational optimization of the Pipe-Embedded Wall (PEW) system; (2) condensation risk assessment and development of condensation-free strategies for ceiling TABS during cooling operation; and (3) improvement of dynamic control performance through an adaptive Model Predictive Control (MPC) framework.

First, for the PEW system installed on the exterior walls of a school building, the thermal interaction with low-grade heat sources was analyzed using unsteady Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations combined with field measurements. Based on the identified thermal performance, an MPC-based optimized operational mode was proposed to enhance heat utilization efficiency and maintain a stable indoor environment. Second, to address potential condensation risks of ceiling TABS under hot and humid environment, an unsteady CFD analysis considering coupled hygrothermal transfer within the concrete structure was developed. A predictive formula for indoor dew-point temperature and a condensation safety rate were established, and an MPC-based condensation-free operation strategy was proposed to ensure both system reliability and indoor comfort while improving energy efficiency. Finally, to overcome the limitations of conventional MPC—such as dependency on linear time invariant model accuracy and high modeling complexity—an adaptive MPC (AMPC) framework based on a recursive ARX model was developed. This approach enables online parameter updating of the predictive model, thereby improving control performance and energy efficiency under varying operating conditions.

Overall, this study establishes an integrated framework from system performance verification to condensation prevention and adaptive optimization, providing theoretical and methodological foundations for the intelligent and low-carbon operation of TABS in future sustainable buildings.

論文審査の結果の要旨

本論文は、室内の温熱快適性を維持しながら、省エネルギーを実現することができる躯体蓄熱放射冷暖房システム（TABS）の最適運用手法を開発し、その有効性を TABS が導入された学校建築を対象として、数値流体解析（CFD）とモデル予測制御（MPC）をベースとした制御との連成解析により検証するものである。

第 1 章では、研究背景と目的、意義と貢献について示している。

第 2 章では、国内外の既往研究を整理した上で、本研究の特徴を明らかにしている。

第 3 章では、本研究にて主に取り扱う CFD、MPC、物理モデルと制御の連成解析に加え、TABS が導入されている対象建物の概要について示している。

第 4 章では、対象建物の外壁に導入された TABS を対象に、空調熱源水としてカスケード利用された井水の熱交換効率を最大化できるように、方位毎に外壁への井水の送水時間を MPC により決定している。これにより、室内の温熱環境を安定化させ、熱交換効率を最大で 30%程度向上できることを明らかにしている。

第 5 章では、対象建物の天井スラブに導入された TABS を対象に、熱的快適性、省エネルギー性を維持しつつ、更に結露リスクを最小化するように、送水条件を MPC により決定する手法を提案している。これにより、快適な室内温熱環境を維持した上で、TABS 表面全体で結露を防止しつつ、ON-OFF 制御と比較して 12.4%、標準的な MPC と比較して 9.3 %のエネルギー消費量が削減可能であることを示している。

第 6 章では、対象建物の天井スラブに導入された TABS を対象に、更なる制御性能の向上を目指し、再帰型自己回帰外生入力モデル（RARX）を予測モデルとして用いた適応型モデル予測制御（AMPC）を提案している。同手法は予測モデルのパラメータをオンライン更新することで、従来の MPC と比較して制御性能が向上し、特に室内の熱的快適性として、累積不快度を約 80%低減できることを示している。

第 7 章では、各章で得られた知見及び今後の課題をまとめ、総括している。

以上、本研究は MPC をベースとした TABS の最適運用手法を確立することにより、当該分野における新しい知見を与えるものである。一連の研究成果により、TABS の日本における導入促進や運用改善が期待でき、今後の建築環境・設備工学分野の発展に大きく貢献するものである。

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)	リ エンフ 李 彦夫 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第352号
学位授与年月日	2026年3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	Development of on-site robotic system for timber construction using vertical movement method (昇降移動方式を用いた木造建築のための現場対応型ロボティックシステムの開発)
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 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 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

This doctoral thesis investigates how industrial robots can be used to realize automated construction of screw-fastened timber shell structures while rigorously quantifying the associated environmental impacts during the construction phase. Focusing on Layered Interlaced Timber Arch-Shells (LITAS), the research spans from small- and medium-scale laboratory prototypes to a building-scale shell assembled from structural timber members. A vertically mobile robotic system and specialized multifunctional end-effectors are developed to enable fully automated gripping, placement, and fastening of timber members. In parallel, a construction-phase life cycle assessment (LCA) framework is established to capture both material-related burdens and the electricity consumption of robotic systems. By coupling parametric design, robotic path planning, experimental prototyping, and environmental assessment, the thesis aims to clarify the technical feasibility, scalability, and environmental trade-offs of robotic timber construction in comparison with conventional manual assembly.

Chapter 1 presents the research background, purposes, and objectives. It first reviews the global context of decarbonization in the building sector and the emerging role of engineered timber as a low-carbon structural material. The chapter then examines the state of the art in robotic construction, emphasizing current limitations in automation of timber assembly and the lack of quantitative environmental evaluation for robotic construction processes. On this basis, it formulates the central research questions concerning how vertically mobile robotic systems can be applied to LITAS construction and how their construction-phase impacts can be assessed. The chapter concludes by defining the research scope, clarifying the methodological boundaries, and outlining the overall structure of the thesis.

Chapter 2 introduces the overall research methodology. It describes the parametric modelling of LITAS geometry and grouping logic, and explains how design data are translated into executable robot programs through a design-to-robotic workflow based on Rhino/Grasshopper and KUKA|prc. The chapter then presents the physical experimental system, including the KUKA industrial robot, the pneumatic end-effector, and the test LITAS prototypes. Experimental procedures for capturing time, energy consumption, and construction performance are specified. Finally, the chapter defines the construction-phase LCA framework, including goal and scope, system boundaries, functional unit, data collection for materials and energy, and the choice of impact assessment methods (IPCC 2021 and ReCiPe 2016) that are

consistently applied in subsequent chapters.

Chapter 3 focuses on the robotic construction of small- and medium-scale LITAS prototypes. It details the fabrication sequence and assembly logic for LITAS, and explains how the stationary and vertically mobile robotic systems execute gripping, positioning, and screw-fastening tasks. The chapter describes the development and validation of the end-effector, the definition of relay points and collision-free paths, and the implementation of fully automated assembly sequences. Experimental results document cycle times, task reliability, and construction accuracy, thereby demonstrating the feasibility of robotic LITAS assembly and providing empirical data for later environmental analysis.

Chapter 4 develops a dedicated life cycle assessment for the vertically mobile robotic system during the construction phase. Based on the validated prototype experiments, it quantifies the inventory of materials (timber and screws) and energy flows (robot drives, compressed air, and lifting system) required to assemble the LITAS. The chapter reports midpoint and endpoint impact results, compares the relative contributions of materials and robotic systems, and examines how environmental burdens evolve when the LITAS structure is scaled up. Sensitivity analyses on key parameters, such as screw quantity and energy consumption, and simple uncertainty considerations are used to identify dominant drivers and to test the robustness of the conclusions.

Chapter 5 extends the investigation to a building-scale LITAS structure. It first documents the manual construction of a large shell built from 105×105 mm structural timber members, characterizing labor intensity, assembly sequence, and on-site constraints. On this basis, a robotic system concept is proposed that adapts the vertically mobile robotic approach to building scale, using a high-payload KUKA KR 120 on a mobile base with a newly designed heavy-duty end-effector. The chapter presents workspace analysis, path planning, and task timing for the simulated robotic assembly, and develops energy-demand models to estimate construction-phase electricity consumption. These data are integrated into an LCA that compares manual and robotic assembly scenarios for the large LITAS, highlighting both the technical scalability and environmental implications of deploying robotic construction at building scale.

Chapter 6 (Discussion and Conclusion) will synthesize the findings from the laboratory prototypes and the building-scale scenario to provide an integrated discussion of technical, methodological, and environmental outcomes. It will critically compare robotic and manual construction in terms of feasibility,

efficiency, and multi-impact environmental performance, and will reflect on the role of vertically mobile robotic systems in future timber construction practices. The chapter will also summarize the main scientific and practical contributions of the thesis, acknowledge limitations in the experimental setup and modeling assumptions, and propose directions for future research on robotic timber construction and construction-phase life cycle assessment.

The thesis is significant because it closes a critical “missing link” between robotic timber construction as a technical capability and robotic timber construction as a defensible sustainability strategy . It contributes (i) a validated , design -to-robotic system for assembling geometrically complex , screw - fastened LITAS structures with both stationary and vertically mobile robotic configurations , (ii) one of the first construction -phase LCA frameworks tailored to robotic timber assembly with component -level energy disaggregation and multi-method impact assessment. By extending the framework from lab-scale prototypes to a building-scale LITAS case via simulation, the thesis provides scalable, decision-relevant evidence on when automation meaningfully changes environmental hotspots and offers actionable design/operation guidelines for deploying robotic timber construction credibly at architectural scale.

論文審査の結果の要旨

本論文は、産業用ロボットを用いた木造シェル構造（LITAS：積層インターレース木材アーチシェル）の自動施工技術を確立し、施工段階における環境負荷を定量的に評価した研究である。昇降移動型ロボットシステムと多機能エンドエフェクタを開発することで、木製部材の把持、配置、ねじ締めの一連の工程を完全自動化し、従来の現場手作業と比較した技術的妥当性と環境的優位性を明らかにしている。

第1章では、木材施工の自動化における現状の技術的限界と環境評価指標の不足を指摘し、本研究の目的を述べている。

第2章では、研究方法として「設計からロボット施工まで」のワークフローに基づく、実験方法を述べ、施工時間やエネルギー消費の分析及びライフサイクルアセスメント（LCA）による評価を行うことを述べている。

第3章では、小スケールのプロトタイプを用いた実証実験について述べている。定置型および昇降移動型ロボットによる自動組立の精度、信頼性、サイクルタイムを検証し、昇降移動方式が、建築的スケールの拡張において重要な鍵となることを明らかにし、自動化が実現可能であることを実証データによって明らかにしている。

第4章では、昇降移動型ロボットシステムの施工段階 LCA を詳述している。部材（木材・ねじ）とエネルギー負荷（駆動・圧縮空気・昇降系）を定量化し、構造のスケールアップに伴う環境負荷の推移や、感度分析による主要な負荷要因を特定している。

第5章では、実物大の LITAS 構造への適用を検討している。105mm 角の構造材を用いた人手による施工を分析し、それを基に高可搬重量ロボットを用いた実物大スケールの自動施工方法を提案し、シミュレーションによるエネルギー需要モデルと LCA の比較を通じて、建築規模による環境的影響を明らかにしている。

第6章では、プロトタイプと実物大シナリオの結果を統合し、手動とロボット施工の効率および環境性能を多角的に論じてまとめとしている。

以上、本論文は、ロボット自体が垂直方向に可動する昇降移動システムが、自らの作業領域を動的に更新することで、木造シェルの連続的な建設が可能であることを示した。また、ロボット施工技術を単なる技術開発に留めず、持続可能な建設方法として妥当であることを LCA によって裏付けており、将来の建築生産の自動化システムを構築する上で極めて重要な指針を示している。

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)	メガ ウリマス MEGA ULIMAZ (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第353号
学位授与年月日	2026年3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	A study on satellite city branding dynamics using a spatial and perceptual identity framework (空間的・知覚的アイデンティティの枠組みを用いた衛星都市ブランディングのダイナミクスに関する研究)
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 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

This doctoral thesis investigates how multidimensional factors shape satellite city branding dynamics. A multi-method approach was employed, integrating spatial determinant analysis, vitality assessment, and perception evaluation to provide a comprehensive understanding of satellite city's transition. The study addresses three key objectives. First, it analyzes satellite city's transformation to capture both physical and symbolic urban dynamic during the main city transition. Second, it evaluates city brand vitality in relation to satellite city readiness. Third, it examines the city branding positioning through spatial centrality and perceptual acceptance.

Chapter 1 explains the development of satellite cities under global urbanization. This chapter uses a descriptive approach based on secondary data, previous studies, and spatial indicators from global cases. The results show that satellite cities perform diverse functions while facing dual challenges: supporting the main city and maintaining a competitive urban identity. The findings reveal city branding dynamics that highlight the gap between the satellite city's structural position and its perceived identity.

Chapter 2 synthesizes the previous literatures on city branding and satellite city strategies. This chapter applies a comparative analysis using thematic clustering and typology analysis of global studies. The findings show that city branding research is fragmented across five themes which explain into diverse satellite city strategies. The findings conceptualize city branding of satellite cities as multidimensional dimensions, linking physical transformation, urban vitality, spatial connectivity, and public acceptance.

Chapter 3 explains the research framework used to analyze satellite city branding dynamics. This chapter applies a mixed spatial, computational, and perceptual approach that integrates big data and conventional survey methods. Urban transformation is measured using proximity, land cover, urban activity intensity analysis; city brand vitality through five vitality dimensions; spatial centrality through spatial design network analysis; and public acceptance through principal component analysis.

Chapter 4 explores satellite city transformation during the main city's transition. This chapter applies spatial analysis combining proximity analysis, land cover change interpretation, and urban activity intensity assessment. The results show that satellite city transformation is driven by functional links to the main city, where proximity improves accessibility, built-up expansion occurs in peripheral areas, light intensity is concentrated in

established urban areas, and place popularity increases along major activity corridors.

Chapter 5 evaluates city brand vitality in relation to satellite city readiness. This chapter applies a grid-based spatial analysis of place, presence, people, prosperity, and pulse using density analysis, entropy index, vitality calculation, and spatial autocorrelation. The findings show that city brand vitality is spatially clustered, with high vitality concentrated in well-connected and activity-intensive areas, while peripheral areas have lower and more fragmented vitality patterns.

Chapter 6 examines city branding positioning through spatial centrality and perceptual acceptance. This chapter applies combination of spatial design network analysis and principal component analysis. The findings indicate a disconnect between spatial centrality and city brand perception. Highly central areas offer strong accessibility but weak perceptions in experience and emotional attachment, while moderately central areas show higher levels of comfort, safety, and willingness to stay.

Chapter 7 synthesizes the main findings of the study to explain satellite city branding dynamics. This chapter discusses the results in relation to existing literature and previous studies. The discussions confirm that satellite city transformation is defined by functional roles and mobility interaction rather than physical development. City brand vitality changes from activities, user experience, and digital narratives, while high connectivity without emotional and social meaning unable generate strong brand acceptance.

Chapter 8 concludes satellite city branding dynamics developed by spatial transformation, city brand vitality, and user perceptions. This chapter connects results and discussion with research hypothesis. Satellite city branding is shaped by irregular urban transformation, fragmented vitality patterns, and a mismatch between spatial centrality and public perception. Spatial dimensions need urban experience and awareness to strengthen city brand identity.

論文審査の結果の要旨

本研究は、急速な都市化の進展下で形成・発展する衛星都市を対象として、空間的要因と市民の知覚・評価に着目し、衛星都市ブランディングの形成過程を明らかにすることを目的とする。主都市との関係性、都市活力の空間分布、ならびに空間的中心性と市民評価との関係を分析し、衛星都市における構造的役割と都市イメージの乖離に関する知見を提示している。

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、都市ブランディングおよび衛星都市戦略に関する既往研究を整理し、物理的変容、都市活力、空間的連結性、社会的受容を統合的に扱う分析枠組みの必要性を示した。

第3章では、ビッグデータとアンケート調査を組み合わせた分析フレームワークと研究方法を提示し、GIS分析等により都市変容、都市活力、空間的中心性および知覚的受容性を定量的に分析した。

第4章では、主都市の変遷過程における衛星都市の空間的変容を分析し、その発展が主都市との機能的関連に強く依存していることを示した。

第5章では、都市ブランド活力の空間分布特性を分析し、活力が交通結節点や活動集積地に集中する一方、周縁部では断片化する傾向を明らかにした。

第6章では、空間的中心性と市民の知覚的評価との関係を分析し、高い中心性が必ずしも高い都市評価に結びつかないことを示した。

第7章では、分析結果を統合し、衛星都市ブランディングが物理的開発のみならず、機能的役割や利用体験、情報発信によって形成される過程であることを考察した。

第8章では、本研究の成果を総括している。

以上、本論文は、空間分析と知覚分析を統合した枠組みにより、衛星都市ブランディングの形成要因とそのダイナミクスを明らかにしたものである。都市構造と人間の認識との乖離に着目し、持続可能な衛星都市のブランド形成に対する理論的および計画的示唆を提示した点で、都市計画および都市デザイン分野に寄与するものであり、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）	マオ ジーン 毛 静（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第354号
学位授与年月日	2026年3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	<p>Research on Mean Filtering and Deep Learning-based Optimization Algorithm for Digital Image Denoising （平均フィルタリングと深層学習に基づいたデジタル画像ノイズ除去最適化アルゴリズムに関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 孫 連明 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p> <p>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））</p> <p>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））</p> <p>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））</p>

論文内容の要旨

Image denoising, as a core problem in computer vision and signal processing, has long faced challenges such as the trade-off between noise suppression and detail preservation, as well as limitations in algorithm adaptiveness and computational efficiency. Focusing on typical noise scenarios such as salt-and-pepper noise and Gaussian noise, this study conducts systematic research from three dimensions: optimization of traditional filtering algorithms, multi-feature fusion modeling, and innovation in deep learning network architectures. A series of solutions with both theoretical originality and practical engineering value are proposed.

The specific research is described below:

In Chapter 1, the research background and significance of image denoising are presented, followed by an introduction to the current research status of this field. Based on the limitations of existing methods, the main research content of this thesis is outlined, along with the overall structure of the dissertation.

In Chapter 2, the theories and techniques related to image denoising are reviewed. The basic model of image noise is introduced first, followed by a detailed analysis of the principles of the non-local means denoising algorithm and deep convolutional neural network-based denoising methods. Performance metrics for evaluating denoising algorithms and commonly used image datasets are also presented.

In Chapter 3, a hybrid decision-making adaptive median filtering algorithm with dual-window detection and PSO co-optimization is investigated. A dual-window hierarchical noise detection mechanism is introduced to enhance detection accuracy, followed by a hybrid filtering strategy based on local statistics to balance noise suppression and detail preservation. The PSO algorithm is incorporated for dynamic parameter optimization to eliminate manual tuning. Comparative experiments on grayscale and color images are then conducted to verify the superiority of the proposed method under high-density salt-and-pepper noise.

In Chapter 4, a dual-kernel NLM image denoising algorithm based on variable-size windows and multi-feature neighborhoods is studied. Image structure tensor eigenvalues are used to classify image regions, and adaptive search windows of different sizes are applied accordingly. Spatial neighborhood features are combined with grayscale features to measure similarity, and a Gaussian-Tukey dual-kernel function is designed for more precise similarity weighting. The algorithm's effectiveness is validated

through comparative experiments, and the results are analyzed and summarized.

In Chapter 5, a parallel image denoising network based on nonparametric attention and multiscale feature fusion is explored. This chapter mainly elaborated on the overall framework and detailed internal structural design of the proposed denoising model. It focused on the structures of dense connectivity and dilated convolution adopted by the model, introduced the principle and implementation of the non-parametric attention mechanism, and verified the effectiveness of the model structure, as well as conducted comparisons with other algorithms through experimental analysis and summarization.

In Chapter 6, the entire work of the thesis is summarized, and potential directions for future research in the field of image denoising are discussed.

論文審査の結果の要旨

本論文は、画像ノイズ除去に関するフィルタリング技術と深層学習に基づいた新たな最適化アルゴリズムを開発するものである。論文では、デュアルウィンドウ検出、PSO によるウィンドウ可変サイズの最適化、ノンパラメトリック注意機構、マルチスケール特徴融合を提案し、ノイズ除去と細部保持を両立させ、適応性能を向上する最適化フレームワークを構築している。

第1章では、本論文の研究背景と意義について述べ、今までの画像ノイズ除去方法と本論文の概要について説明し、本研究の位置づけを明らかにした。

第2章では、画像ノイズ除去に関する基本理論について解説し、ノイズ除去で利用可能なモデル、アルゴリズム性能評価方法と検証データセットについて述べた。

第3章では、ノイズの検出精度向上とパラメータ依存問題に対して、デュアルウィンドウ検出機構を提案した。また、ウィンドウサイズの PSO 最適化と局所特性を用いた意思決定により、エッジの細部情報を保持しつつノイズを効率的に低減した。

第4章では、ノイズ除去における細部損失の問題に対し、構造テンソルの固有値を用いて画像領域を分類することで探索ウィンドウの適応的調整を可能にし、ウィンドウサイズにより過剰平滑化を防いだ。デュアルカーネル関数を用いてグレースケールと空間特徴を統合した近傍類似度を計算し、類似度重み分布の有効性を向上させた。

第5章では、単一ブランチの特徴抽出不足に着目し、デュアルブランチ構造を提案した。上部ブランチはノイズの局所特徴を検出し、下部ブランチはグローバル情報を取得して深層ネットワークの飽和問題を解決した。ノンパラメトリック注意機構により重要な特徴量に焦点を当て、マルチスケール特徴融合と長距離接続を組み合わせることで浅い特徴と深い特徴の補完性を実現した。

第6章では、各章で得られた結論と今後の研究課題をまとめた。

以上より、本研究はフィルタリングアルゴリズムと深層学習手法を融合することにより、画像ノイズの適応除去フレームワークを構築し、ノイズ低減と細部保持の両立、アルゴリズムのパラメータ依存性などの問題を解決し、ノイズ除去性能を大幅に向上させることを示した。本研究成果は、ノイズ環境での実用的な画像解析法を提供するとともに、コンピュータビジョンや信号処理分野の発展に貢献している。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と認めらる。

フリガナ 氏名（本籍）	リ がケン 李 雅娟（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第355号
学位授与年月日	2026年3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	地理情報システムを活用したバイオマス資源の利活用に関する 総合評価 (Comprehensive Evaluation of Biomass Resources Utilization Using Geographic Information System)
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 福田 展淳 (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

近年、気候変動対策やカーボンニュートラルの実現に向けて、地域に賦存する再生可能資源の有効活用が強く求められている。とりわけバイオマス資源は、エネルギー利用や素材利用を通じて温室効果ガス削減に寄与するだけでなく、森林管理や廃棄物対策、防災、地域産業の活性化といった多面的な効果を有する点で重要な役割を担う。一方で、バイオマス資源はその分布が空間的に不均一であり、収集・輸送条件や地域特性によって利活用の成立性が大きく左右されるため、資源量の把握にとどまらない、空間的視点を踏まえた総合的評価が不可欠である。

本研究は、このような背景のもと、地理情報システム（GIS）を活用し、地域に賦存する複数のバイオマス資源を対象として、その利活用可能性およびCO₂削減効果のポテンシャルを総合的に評価することを目的とした。従来の研究では、木質資源、竹資源、廃食用油などのバイオマス資源が個別に評価される例が多く、同一地域内における複数資源を横断的に比較・検討する枠組みは十分に整理されていなかった。そこで本研究では、北九州市を対象地域とし、GISによる空間解析とライフサイクル評価（LCA）を組み合わせることで、異なるバイオマス資源を対象とした統合的な評価枠組みを構築し、地域における資源供給条件およびCO₂削減効果を横断的に評価することを目的とした。

第1章では、本研究の背景および目的を示した。カーボンニュートラルや地域循環共生圏の構築が求められる中で、未利用・低利用バイオマス資源の有効活用が重要な課題となっていることを整理し、既往研究を踏まえた上で、本研究の位置づけと研究目的を明確化した。

第2章では、本研究における解析手法および評価方法を示した。GISを用いた資源分布解析、最小コスト経路解析（LCP）や車両経路問題（VRP）による輸送経路の最適化手法について整理するとともに、CO₂削減効果評価としての枠組みを示し、評価指標およびシステム境界を設定した。

第3章では、北九州市の木質バイオマス資源を対象に、森林資源の現状調査を踏まえつつ、GISにより伐採条件を設定し、最小コストパス（LCP）解析によって輸送経路を定量化した上で、木質バイオマスの利用可能量を推計した。さらに、伐採木材および再植林によるCO₂固定量を算出し、木質バイオマス燃料のLCA評価と、化石燃料代替による経済価値の評価を行った。

第4章では、北九州市の竹バイオマス資源を対象に、森林簿データと航空写真の結合による林相判読を用いて竹林範囲をGIS上で抽出し、竹林面積を算出した。加えて、防災側面を考慮した伐採条件の設定と最大供給量の推計を行い、年間供給量、採取・輸送に関するCO₂排出量、炭素固定量および化石燃料代替効果を整理した上で、LCAにより竹バイオマス利用のCO₂削減効果を評価した。

第5章では、家庭系廃食用油を対象として、回収・再資源化システムの評価を行った。回収拠点配置および収集輸送経路をGISにより解析し、家庭系廃食用油はBDFおよびSAF燃料への再生製造を想定したLCA評価を通じて、CO₂排出削減効果を定量的に示した。

第6章では、各章の分析結果を踏まえ、北九州市におけるバイオマス資源利活用の可能性と課題について総合的な考察を行った。GISを活用した空間的視点の有効性を示すとともに、地域特性に応じた資源選択と利活用戦略の重要性を明らかにし、今後の地域循環型社会構築に向けた示唆を提示した。

論文審査の結果の要旨

都市には、木質・竹資源、廃食用油、紙、下水汚泥など多様なバイオマス資源が賦存しているが、これらの資源は広く薄く分布しており、また空間的偏在性があるため、その利活用の可能性は地理的条件や収集・輸送条件に大きく依存する。このような地理的特性を踏まえた定量的評価は、カーボンニュートラルおよび地域循環共生圏の構築を進める上で重要な課題である。本研究は、多様な自然特性を有する北九州市を対象として、地理情報システム (GIS) による空間解析とライフサイクルアセスメント (LCA) を統合化し、複数のバイオマス資源を対象に供給ポテンシャルおよび利活用による CO₂排出削減、経済価値を総合的に評価したものである。

本論文は全 6 章で構成されている。第 1 章では、カーボンニュートラル政策の動向および地域循環共生圏の理念を整理した上で、未利用・低利用バイオマス資源の活用に関する既往研究をレビューし、本研究の目的と位置づけを明確にしている。第 2 章では、GIS による資源分布解析、最小コスト経路 (LCP) 解析、運搬経路問題 (VRP) を組み合わせた輸送評価手法と、LCA に基づく環境負荷評価の枠組みを体系的に整理し、本研究の方法論を提示している。第 3 章では、木質バイオマス資源を対象として、伐採可能区域の抽出に加え、LCP 解析を通じて輸送負荷を定量的に把握し、供給ポテンシャルを推計している。併せて、炭素固定量および化石燃料代替効果を含めた環境影響評価を行っている。第 4 章では、竹バイオマス資源について、森林簿データおよび航空写真判読を用いて対象竹林範囲を抽出し、防災的観点を考慮した供給可能量の推計と環境効果の分析を行っている。第 5 章では、家庭系廃食用油の回収・再資源化システムを対象に、回収拠点配置および輸送経路の最適化解析を実施し、バイオディーゼル燃料 (BDF) および持続可能な航空燃料 (SAF) への再資源化シナリオに基づく CO₂削減効果を比較評価している。第 6 章では、各章の成果を総括し、地域特性に応じたバイオマス利活用戦略の方向性を提示している。

以上要するに、本論文は、GIS を活用した空間情報解析と LCA を統合化した定量的評価手法を構築し、地域に賦存する複数のバイオマス資源について、資源の収集・運搬可能性や防災的観点を考慮した供給ポテンシャル、再資源化技術を考慮の上比較・評価したものである。本研究の成果は、地域資源を活用した脱炭素化対策を検討するための新たな知見として、その新規性および有用性を高く評価でき、環境システム工学上寄与するところが大きい。

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)	マリニ アンボ ウェラング MARINI AMBO WELLANG (インドネシア)
学位の種類	博士 (学術)
学位番号	甲 第138号
学位授与年月日	2026年3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	Comprehensive Assessment of Communication Networks in Waste Bank Management for Understanding Challenges, Policy Implications, and Resilience of Waste Banks (ごみ銀行の課題、政策的含意、レジリエンスの理解のためのごみ銀行管理に関するコミュニケーションネットワークの総合的評価)
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 城戸 将江 (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 understand communication patterns and network structures in waste bank management. This study conducted 3 studies in examining the communication network at these 3 levels, with the research location in Makassar City, Indonesia.

The first study was conducted on the waste bank unit (WBU) that had the most productive performance, to see the communication network pattern that occurred in the WBU so that it could survive and be productive until now. This study also identified key actors in the WBU, as well as the level of network density in the WBU studied. Data collection was conducted through questionnaires which were then analyzed using social network analysis to analyze the communication network within the WBU, and was conducted on the 3 most productive WBUs in Makassar City, namely WBU-As, WBU-SR, and WBU-LB. The results of the analysis showed that WBU-As had the best network density value among the three WBUs, although the value was relatively included in the low network density criteria. Network density can be interpreted as the relationship between members of the waste bank is still relatively rare and has not been maximally interconnected. The results of the network centrality analysis showed that actor 'H' is the actor who is the center of the WBU-SR network, actor 'FB' is the center of the WBU-As network, and actor 'Ags' is the center of WBU-SR. This shows the ability of the central actor to manage information from outside the network to the network and vice versa. However, dependence on one actor in the network poses a threat to network resilience if the central actor is hit by a crisis.

The second study aims to determine the structure of the communication network between waste bank units (WBU). Specifically, this study attempts to identify the structural characteristics of the waste bank unit communication network, determine the central actors who play an important role in the flow of information, analyze connectivity patterns and their implications for program effectiveness, and provide recommendations for strengthening the waste bank communication network. This study was conducted in Makassar City on 43 WBUs in this city, data was taken through a questionnaire, and then analyzed using SNA. There are 3 findings in the study, first, the network structure shows a network that is still relatively low, only 2.2% of the total potential communication relationships are realized. This finding is relatively

no different from the density of waste bank networks in developing countries. Second, WBU-AS appears as a central actor in the WBU network. However, it can be seen that the distribution of centrality in the network is not evenly distributed, where WBU-AS appears as a central actor while most WBUs are in peripheral positions with limited connections. Third, 2 other clusters were formed in the network with WBU-PB and WBU-LB each as supporting central actors. Fourth, it is necessary to further explore the factors causing many WBUs to be in isolated positions in the WBU network. Because there is a possibility that they build their own communication channels with parties outside the network.

The third study aims to identify patterns of communication and coordination relationships between stakeholders in waste bank management, considering that the effectiveness of the waste management system is highly dependent on stakeholder coordination and institutional arrangements. This study was conducted in Makassar City on 33 waste bank stakeholders, both from the government, private business, academy, NGO, media, state-owned company, motivator organization and house representative. Data were collected through questionnaires, and then analyzed using SNA. This study provides 6 findings. First, the diversity of stakeholders involved in waste bank management in Makassar City: waste bank units, government, private sector, academics, NGOs, media, BUMN, motivators, and the DPR. Second, a moderate network density of 0.140 indicates a level of realization of relationships between stakeholders of 14% of the total potential relationships between stakeholders, with relatively even interactions in the network. Third, the waste bank unit is a central actor in the waste bank management network, this is because the focus of the analysis is on the waste bank. However, if the waste bank unit is ignored, then the government becomes a central actor in the stakeholder network of waste bank management in Makassar City. Fourth, agencies that focus on organic waste management occupy peripheral positions in the network, this shows that organic waste has not been a concern in waste bank management in the network of waste bank management stakeholders in Makassar City. Fifth, government agencies have a dominant role in exchanging information in the network of waste bank management stakeholders in Makassar City, both in the form of scientific data, regulations, funding opportunities, and waste management technology. Waste bank units show a dominant role in exchanging information regarding the operational management of waste banks, while NGOs show a dominant role in exchanging information regarding activities. Sixth, face-to-face communication is the

most popular communication channel used to exchange data and information between stakeholders in waste bank management in Makassar City.

The fourth study, study aims to analyze the challenges, policy implications, and resilience of waste banks through a qualitative study of the perceptions of various stakeholders. Data collection was carried out by means of in-depth interviews with 16 stakeholders who were willing to become research participants, consisting of the government, waste bank community, private business, NGO, and educational institution. The data was then analyzed using the content analysis technique. The results of this study found four general themes: challenges and barriers in waste bank implementation, problems in coordination, potential for improvement, and resilience of waste bank units. Low community participation, limited resources and facilities, unstable markets, knowledge and awareness gaps, and geographical and logistical challenges are challenges and barriers in waste bank implementation; problems in coordination in waste bank implementation are fragmented authority and responsibility, communication gaps, policy inconsistencies, limited cross-sectoral collaboration, and informal vs. formal sector coordination; potential for improvement in waste bank management, are improved facilities, integrated stakeholder platforms, community education and engagement programs, and policy harmonization; factors that can make waste bank units resilient are diverse waste streams and revenue sources, community engagement, supportive policy environment, and technical and innovation capacity.

論文審査の結果の要旨

インドネシアの都市廃棄物管理において、ごみ銀行（WB）と呼ばれるコミュニティベースの資源回収の仕組みの寄与が大きいことが知られている。本研究は、WB の管理運営におけるコミュニケーションパターンとネットワーク構造を理解することを目的としている。インドネシアのマカッサル市を対象都市として、3つのレベルにおけるコミュニケーションネットワークを分析したものである。

本論文は、全6章で構成されている。第1章では、研究の背景と目的をまとめ、研究の必要性を概説している。第2章では、ソーシャルネットワーク分析（SNA）を用いてWBユニット（WBU）管理におけるコミュニケーションネットワークを分析している。生産性の高いパフォーマンスを示したWBUを対象に、WBU内で発生したコミュニケーションネットワークのパターンを分析し、現在まで存続し活動を維持するための要因を明らかにしている。第3章では、WBU間のコミュニケーションネットワークの構造を分析するために、マカッサル市内の43のWBUを対象にアンケート調査を実施し、SNAを用いて分析している。WBUのコミュニケーションネットワークの構造的特性を特定し、情報の流れにおいて重要な役割を果たす中心的なアクターを決定し、接続パターンとそれがプログラムの有効性に与える影響を分析している。第4章では、マカッサル市において、政府、民間企業、学術機関、NGO、メディア、国営企業、支援組織、および住民代表の33のWBのステークホルダーを対象にアンケート調査を実施し、SNAを用いてステークホルダー間のコミュニケーションを分析している。有機廃棄物の管理機関はネットワークの周辺に位置しており、有機廃棄物がWB管理の課題として重視されていないこと等を示している。第5章では16のステークホルダー（政府、WBコミュニティ、民間企業、NGO、教育機関）を対象に深層面接（In-depth Interview）を実施し、テキスト分析を用いて分析している。その結果、WBの実施・運営における課題と障壁、調整における問題、改善の可能性、WBUのレジリエンスについて知見を得ている。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、インドネシアのWB管理の改善を検討するために、3つのレベル（WBU内部、WBU間、利害関係者間）におけるコミュニケーションパターンの分析を行ったものである。本研究の成果は、途上国の都市廃棄物管理におけるコミュニティベースの資源回収の仕組みの強化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、環境社会学、環境システム学上寄与すると

ころが大きい。

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)	陈 晨 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第356号
学位授与年月日	2026年3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	A study on building bi-objective optimization under three typical household patterns in hot-summer and cold-winter regions (夏暑冬寒地域における三つの代表的な世帯パターンを対象とした建築の二目的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 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

Chapter 1 introduces the research background and identifies the practical challenges faced by rural houses in hot-summer–cold-winter regions, including high energy consumption, poor thermal comfort, and diverse household behaviors. It clarifies the motivation for adopting household patterns as the analytical entry point and highlights the gap in studies that overlook behavioral differences. The chapter then outlines the study objectives, such as establishing a behavior-driven bi-objective optimization framework, and concludes by explaining the overall structure of the dissertation.

Chapter 2 reviews existing research on building energy consumption, thermal comfort, occupant behavior modeling, and multi-objective optimization. It emphasizes that conventional studies tend to assume fixed occupancy behavior, thereby failing to capture the variability observed in real households. The chapter synthesizes current knowledge on envelope technologies, behavior-related energy impacts, and optimization techniques. Through this review, it identifies key research gaps and establishes the theoretical basis for a household-pattern-driven approach.

Chapter 3 presents the methodological framework, combining household behavior modeling, dynamic building energy simulation, and genetic algorithm–based bi-objective optimization. It explains how survey data, activity schedules, and appliance-use patterns are converted into dynamic load inputs for simulation. The chapter outlines the simulation settings, evaluation indicators, and workflow from data processing to optimization. This methodological system ensures reproducibility and transparency across the study.

Chapter 4 defines the parameters of three typical household patterns, including occupancy density, daily activity rhythms, equipment power, lighting usage, and space-use characteristics. It describes how these behavioral inputs are constructed from field surveys and integrated into the energy simulation model. The chapter also establishes the physical building model, detailing envelope characteristics, material properties, and thermal parameters of the rural dwelling. Together, the behavior and building models provide the foundational input for optimization.

Chapter 5 describes the bi-objective optimization method, which simultaneously minimizes electricity consumption and discomfort hours using a genetic algorithm. It specifies key algorithmic settings such as population size, crossover rate, mutation mechanism, and termination conditions. User

weight assignment is incorporated to reflect household preferences between comfort and energy savings. The chapter also defines the optimization variable ranges, forming a complete computational optimization framework.

Chapter 6 analyzes the optimization outcomes for the three household patterns by comparing baseline and Pareto-optimal performance across energy and comfort dimensions. It reveals distinct optimization pathways for each pattern, showing how structural improvements, solar gain control, temperature settings, and internal loads interact differently across households. Based on these findings, the chapter proposes differentiated design strategies tailored to empty-nest, elder-child, and multi-generational households. Sensitivity trends and parameter impacts are also summarized to support practical retrofit decision-making.

Chapter 7 discusses the broader implications of the findings, arguing that household behavior is a critical but often overlooked determinant of building performance. It evaluates the strengths and limitations of the approach, including data accuracy, model simplifications, and algorithmic constraints. The chapter considers the policy and practical relevance of behavior-based optimization and reflects on its potential to support precision-oriented rural energy retrofits. It also highlights methodological insights for future behavior-building interaction research.

Chapter 8 concludes the dissertation by summarizing the major findings and confirming the central role of household patterns in shaping rural residential energy and comfort outcomes. It reiterates the theoretical innovations, methodological contributions, and empirical insights gained through the study. The chapter also acknowledges limitations related to data granularity, model realism, and climatic generalizability. Finally, it presents future research directions, including dynamic behavior tracking, enhanced building realism, broader climatic applications, and lifecycle-oriented optimization.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国の夏暑冬寒地域に立地する農村住宅を対象として、エネルギー消費量と熱的快適性を考慮した二目的最適化手法を構築し、世帯特性および居住者行動が最適設計解に与える影響を明らかにすることを目的とする。建築エネルギーシミュレーションと遺伝的アルゴリズムを用い、世帯別の設計指針を提示している。

第1章では、当該地域における農村住宅のエネルギー消費と熱的快適性の課題を整理し、研究の目的と枠組みを示している。

第2章では、建築エネルギー性能、居住者行動および多目的最適化に関する既往研究を整理し、行動考慮型最適化研究の重要性を明示することで、本研究の位置づけを明確にした。

第3章では、浙江省農村部を対象としたアンケート調査および統計分析により、世帯特性とエネルギー使用行動を定量化した。高齢世帯と若年世帯の間で冷暖房使用行動に差があることを示し、次章以降のシミュレーションおよび最適化の基礎データを構築した。

第4章では、現地測定に基づき世帯パターン別の在室スケジュールおよびエネルギー使用行動を定義し、建築エネルギーシミュレーションモデルに組み込むことで、最適化分析に用いるモデルを構築した。

第5章では、遺伝的アルゴリズムを用いた二目的最適化を行い、世帯パターンごとに異なる重み付けを考慮することで、エネルギー消費と熱的不快度の相互に及ぼす影響を分析し、世帯特性に応じた最適な解の傾向を導き出した。

第6章では、基準モデルと最適化モデルの比較を通じて、外皮性能、窓面積比、内部発熱などの設計変数が世帯特性に応じて異なる最適化傾向を示した。

第7章では、重み付け手法が最適解選択に与える影響を検討した。その結果、選好設定が意思決定結果を左右する点を明らかにし、二目的最適化における意思決定の重要性を示した。

第8章では、本研究の成果を総括している。

以上、本論文は、居住者行動と世帯特性を考慮した二目的最適化手法により、農村住宅におけるエネルギー消費と熱的快適性の両立に向けた設計指針を提示したものであり、建築環境工学および建築設計分野に有用な知見を提供する。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)	コガ トヨカズ 古閑 豊和 (福岡県)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	乙 第14号
学位授与年月日	2026年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第2項 該当
学位論文題目	水環境における有害化学物質汚染のスクリーニング分析と毒性評価技術の体系化に関する研究 (Research on the Systematization of Screening Analysis and Toxicity Assessment Techniques for Hazardous Chemical Contamination in Water Environments)
論文審査委員	主 査 宮脇 崇 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士 (学術)) 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)) 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 宮里 義昭 (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

本研究は、水環境における多様かつ未知の化学物質が水生生物へ及ぼす複合影響の検出と原因把握という課題に対し、原因物質の迅速同定と生態影響の早期把握を両立する毒性スクリーニング体系を構築したものである。社会的背景として、化学物質数の増大、新興物質の顕在化、豪雨等に伴う流出事故の頻発により、規制対象物質の個別分析のみではリスクの全体像を把握しにくいという限界がある。本研究では化学分析と生物応答試験を統合し、平時の監視から緊急時の即応まで適用可能な評価フローを提案した。

まず、前処理の迅速化を目的に開発された迅速前処理カートリッジを用い、ガスクロマトグラフ質量分析計による自動同定・定量データベース (AIQS-GC) および液体クロマトグラフタンデム質量分析 (LC/MS/MS) による網羅的化学分析を実施した。これに水生生物を用いた生物応答試験を組み合わせ、令和2年7月豪雨災害時の農薬流出事案に適用して実効性を検証した。その結果、検体搬入後1日以内に有機汚染物質の測定結果報告が可能であった。また、生物応答に基づく包括的なリスク評価を併用することで、科学的根拠に基づく迅速な安全判断を支援できることを示した。一方で、従来型の生物応答試験は結果の取得に数日を要し、緊急時の初動判断に用いるには時間的制約が残ることが明らかとなった。

この課題を解決するため、藻類の遅延蛍光 (DF) を活用した生長阻害試験 (DF試験) を評価体系の中核に据えた。ペルチェ素子を用いた小型携帯培養装置を開発し、現場 (オンサイト) でのスクリーニングを可能にすることで、DF試験を調査の意思決定の起点 (トリガー) とする「早期警戒システム」を構築した。これにより、初動段階で精査すべき試料や地点を即座に絞り込み、限られた調査リソースを最大化することが可能となった。

さらに、DF試験で検知された毒性影響を原因物質の特定へ繋げるため、毒性同定評価 (TIE) の概念を導入した体系的枠組みを構築した。本スキームでは、化学分析 (金属測定や AIQS 等) を単なる物質探索ではなく、物理化学的操作による毒性変化を裏付ける「仮説検証の手段」として用いた。

以上、本研究は、DF試験による早期警戒から、TIE的アプローチによる段階的な原因絞り込み、そして網羅分析による確定までを統合したものである。この技術体系は、複合汚染や未知物質が混在する現代の水環境において、因果関係を効率的に解明し、環境リスク評価の実務を実用水準へ高める基盤となるものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、水環境における多種多様な有害化学物質の汚染に対し、迅速かつ網羅的に対応可能なスクリーニング分析と生態毒性評価を統合した新たな環境リスク評価技術の体系化を目的として実施された研究である。近年、化学物質の種類は飛躍的に増加し、災害時の流出事故や未知汚染物質への対応が重要な課題となっている。本研究は、従来の個別定量中心の分析法では困難であった、迅速性・網羅性・生態影響評価を同時に実現する評価技術の構築を試みた点に特色がある。

第2章から第4章では、迅速前処理カートリッジを基盤としたGC/MSおよびLC/MS/MSによる化学物質スクリーニング法の開発を行い、短時間前処理と高感度・高選択的測定を両立する手法を確立した。さらにLC-QTOF/MSを用いた網羅的解析を導入し、未知物質を含む多成分同時評価の有効性を示した。第5章から第8章では、藻類・甲殻類・魚類を用いた生物応答試験の小スケール化および迅速化を実現し、遅延蛍光を活用した新規毒性スクリーニング法を構築した。また、化学分析と生物応答試験を統合した段階的評価フローを提示し、毒性原因物質の効率的把握が可能であることを示した。第6章および第7章では豪雨災害時の実環境調査に適用し、本手法が実際の緊急時の環境調査に有効であることを実証した。さらに第9章では高極性難分析物質の測定法を開発し、毒性寄与の解明に成功した。第10章および第11章ではヘリウム供給不足に対応した代替キャリアガスGC/MSの性能評価を行い、持続可能なモニタリング基盤の確立に貢献した。

以上のことから、本論文は、化学分析と生物応答評価を統合した迅速かつ網羅的な水環境リスク評価体系を構築したものであり、災害時および平常時の環境管理に資する実用性の高い成果を示した点で、環境工学分野における学術的および社会的貢献は大きい。

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)	ヒラカ キヨシ 平川 清 (宮崎県)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	乙 第15号
学位授与年月日	2026年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第2項 該当
学位論文題目	<p>実用化を目指した高感度および高選択性液体検知システムの構築</p> <p>(Design and Implementation of a Liquid Sensing System with Enhanced Sensitivity and Selectivity for Real-World Deployment)</p>
論文審査委員	<p>主 査 李 丞祐 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学))</p> <p>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))</p> <p>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))</p> <p>審査委員 村上 洋 (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

本研究は、液体のセンシングの高感度化と選択性向上のため、液体側とセンシング側の両面からアプローチを試みた

第1章では、液体のセンシングの高感度化と選択性向上に関する社会的要求及び当論文の研究背景と課題の整理を行った。

第2章では、液体センシングについては、流れ分析を対象とした近年の動向について文献レビューを行い、また、センシング側は、光ファイバの導波構造、材料特性、幾何形状（U型、テーパ型など）および表面修飾に関する文献レビューを行い、構造設計と機能発現との関係を体系的に整理した。

第3章では液体側からのアプローチとして、流れ分析(Flow Injection Analysis)の感度の向上として、反応管に回転軸を挿入し、流れの中で半径方向の攪拌を加え、軸方向の拡散を抑えることにより、感度の向上を行った。

4章から7章のセンシング側からのアプローチでは、光ファイバの幾何構造および表面修飾を制御することによって、屈折率(RI)測定の感度・選択性・耐環境性を高める新しい光プローブの設計指針を確立することを目的とした。光ファイバセンサは電磁干渉に強く、遠隔・小型・高感度なセンシングを実現できることから、環境モニタリングや化学・生体センシングへの応用が期待されている。しかし、従来のファイバセンサは加工ばらつきや化学的劣化に起因する再現性および安定性の課題を抱えている。これらの課題に対し、製造の自動化と材料設計の両面から包括的にアプローチした。

第4章では、コア径 $600\mu\text{m}$ の石英ファイバを用い、 CO_2 レーザーによるカットと自動加工装置を開発した。その結果、形状対称性および再現性は自動曲げにより向上し、ばらつきは CO_2 レーザーにより標準偏差11%から3%と大幅な向上を得た。また、U字ファイバは屈折率感度 115.8 dB/RIU を達成し、吸収スペクトルも良好な結果を得た。

第5章では、金属フリー構造かつ高耐薬品性を備えた平凸(plano-convex: PC)レンズ型光プローブを提案し、光ファイバ間距離、レンズ-反射板距離の関連性を調査し、石英による高感度(272 dB/RIU)特性、サファイアの広いレンジ特性、サファイアと比較して石英のほうが分光スペクトルを感度良く取得可能であること等を明らかにした。

第6章では、ポリジメチルシロキサン(PDMS)による表面修飾を導入し、低極性溶媒との界面光学特性を利用して選択的応答を実現した。 $n=1.40$ のPDMS膜は $n=1.45$ の石英と比較して、1-プロパノール以上の屈折率域でのみ応答を示すことから、水系と有機溶媒の光学的識別が可能であることを示した。

第7章では、カーボンナノチューブ(CNT)修飾により、光ファイバ表面に高

機能性を付与し、有機溶媒・pH など想定される多様な環境漏洩物質に対する応答性を評価した。Layer-by-Layer 法と UV 架橋を組み合わせることで、膜の安定性と選択性を向上させ、次世代光ファイバセンサの実用化に向けた基盤技術を確立した。

第 8 章の結論では、本論文の総括として、得られた知見と今後の展望について述べた。

以上の研究により、液体側からは FIA 反応管内に回転軸を挿入して半径方向攪拌を加えることで軸方向拡散を抑制し、流れを栓流に近づける新規手法を開発し、ピーク高さの向上と応答の安定化を実証した。またセンシング側からは、光ファイバ構造 (U 型・PC レンズ) と表面修飾 (PDMS・CNT) の最適化により、感度・選択性・耐環境性を両立する光学プローブ設計指針を確立した。これら両側面の成果は、流体制御と光学デバイス設計を統合した新しい液体センシング基盤を示し、環境・化学・医療分野における高感度マルチモーダルセンシングへの展開に寄与するものである。

論文審査の結果の要旨

本研究は、液体センシングの高感度化と選択性向上のため、液体側とセンシング側の両面から光ファイバーおよびそれを改良した新規光学ツールを利用した液体検知システムの開発と社会実装のアプローチを試みた。

第1章では、液体のセンシングの高感度化と選択性向上に関する社会的要求及び当論文の研究背景と課題に加え、本論文の研究目的について述べた。

第2章では、液体センシングについては、流れ分析を対象とした近年の動向について文献レビューを行い、また、センシング側は、光ファイバーの導波構造、材料特性、幾何形状（U型、テーパ型など）および表面修飾に関する文献レビューを行い、構造設計と機能発現との関係を体系的に整理した。

第3章では液体側からのアプローチとして、流れ分析(Flow Injection Analysis)の感度の向上として、反応管に回転軸を挿入し、流れの中で半径方向の攪拌を加え、軸方向の拡散を抑えることにより、感度の向上を行った。

4章から7章のセンシング側からのアプローチでは、光ファイバーの幾何構造および表面修飾を制御することによって、屈折率(RI)測定の感度・選択性・耐環境性を高める新しい光プローブの設計指針を確立することを目的とした。光ファイバーセンサは電磁干渉に強く、遠隔・小型・高感度なセンシングを実現できることから、環境モニタリングや化学・生体センシングへの応用が期待されている。しかし、従来のファイバーセンサは加工ばらつきや化学的劣化に起因する再現性および安定性の課題を抱えている。これらの課題に対し、製造の自動化と材料設計の両面から包括的にアプローチし、課題解決に努めた。

第8章の結論では、本論文の総括として、得られた知見と今後の展望について述べた。

以上により本学位論文は、液体側からはFIA反応管内の流れを栓流に近づける新規手法を開発し、ピーク高さの向上と応答の安定化を実証した。またセンシング側からは、光ファイバー構造(U型・PCレンズ)と表面修飾(PDMS・CNT)の最適化により、感度・選択性・耐環境性を両立する光学プローブ設計指針を確立した。これら両側面の成果は、流体制御と光学デバイス設計を統合した新しい液体センシング基盤を示し、環境・化学・医療にわたる多方面の分野における高感度マルチモーダルセンシングへの展開に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。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨
第 40 号 (2026 年 3 月授与)

発行日 2026 年 4 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