

2020 年度

博士學位論文

内容の要旨および
審査結果の要旨

第 29 号

(2020 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 145 号	ドアン ティ ホン ヴァン	1
博士(工学)	甲第 146 号	ファン ティ キウ チャン	4
博士(工学)	甲第 147 号	イシ シンウ	8
博士(工学)	甲第 148 号	セン ボンエツ	11
博士(工学)	甲第 149 号	チョウ コウソ	14
博士(工学)	甲第 150 号	ハウ オウソウイク	18
博士(工学)	甲第 151 号	ゴン チャオ	21
博士(工学)	甲第 152 号	ズオウ シュンチャン	24
博士(学術)	甲第 10 号	ファン ホアン トウ タオ	27
博士(工学)	甲第 153 号	八木 奏一郎	30
博士(工学)	甲第 154 号	オウ ガ	33

フリガナ 氏名 (本籍)	ドアン ティ ホン ヴァン (ベトナム)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第145号
学位授与年月日	2020年9月26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	Establishment of Cyclodextrin-based Hyperbranched Nanoparticles for Delivering Alpha Mangostin in Cancer Treatment (シクロデキストリン架橋ナノ粒子を用いたアルファマンゴスチンのがん細胞へのデリバリー)
論文審査委員	主 査 櫻井 和朗 (北九州市立大学国際環境工学部教授 理学博士) 審査委員 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 秋葉 勇 (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准教授 博士 (学術)) 審査委員 金本 恭三 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士)

論文内容の要旨

Alpha mangostin (MGS) is a natural xanthonoid compound isolated from a tropical fruit named Mangosteen. MGS exhibits several bioactive properties such as antioxidant, cytotoxic, anti-inflammatory, antibacterial, and anticancer activity. Hence, MGS is highly expected as a candidate of anticancer drugs. In spite of its noticeable bioactivities, MGS is a highly hydrophobic and small molecule that limits applying clinical use. To use MGS in practice, it is needed to develop a suitable drug delivery system. It has been proved that cyclodextrins (CDs) are biocompatible molecules approved by FDA as the material that can be injected into the human body and have already been used for a long time. The main advantage of CD comes from its hydrophilic exterior and hydrophobic interior of cavity. Thus, CD can encapsulate hydrophobic compounds like MGS to form complex, then that complex can stay in aqueous solution.

The aim of thesis is to establish CD-based nanoparticles (CDNPs) for purpose of delivering MGS effectively in cancer treatment. CDNPs were prepared by use of polyaddition reaction with epichlorohydrin. Particle properties of CDNPs were controlled by changing weight ratio of the composition in reaction. Our results demonstrated that CDNPs have inclusion ability of MGS with a great loading ratio in comparison with native CDs. Additionally, CDNPs containing MGS is proved to have anticancer effect on both *in vitro* and *in vivo* experiment.

論文審査の結果の要旨

アルファーマンゴスチン (aMG) は、果物のマンゴスチンの表皮から抽出されるキサントン (xanthone) 類の一つであり、活性酸素除去や抗がん作用などの生理活性機能がある。aMG の有効利用は 10 年以上前から様々な研究機関で検討されて来たが、aMG が水に難溶である問題があり、利用が進んで来なかった。本学位の申請者である Van は、この問題を解決するために aMG を高分子の側鎖にグラフトすることを試みた。しかし、aMG に化学修飾をするとその活性が消失するため目的の生理活性が高いナノ粒子を得ることができなかった。

シクロデキストリン(CD)と呼ばれる糖の環状化合物は aMG をその内部に内包することが知られていた。そこで、彼女は CD を架橋剤を用いてナノ粒子化することを思いついた。架橋剤としてエピクロロヒドリンを用いて希薄溶液で CD を重合でき、得られたナノ粒子は安定に水に分散することを見出した。また、この粒子は aMG を内包することも確認した。学位論文の第 1 章ではこの合成法の最適化、得られた粒子の物性とその制御方法を詳細に検討している。

上述した材料設計の過程で、単一の CD と aMG の結合と比較して、高分子化したナノ粒子では結合力が飛躍的に増加する現象を見出した。これは予想してなかった発見であり、分光光度計での精密な測定で結合定数を評価することにした。学位論文の 2 章ではこの点に関して詳細に述べてある。驚くことに、ナノ粒子化によって結合定数は約 100 倍増加した。この分子的なメカニズムに関しては現在も分かっていない。他の方法でもこの異常な増加を確認しており、今後の基礎的な研究の発展が期待される。この増加した結合定数の大きさは生物の分子認識に使われる受容体とそのリガンドとの結合定数に近い値である。

学位論文の 3 章では、得られたナノ粒子を用いて aMG のデリバリーを細胞と動物の両方で調べている。ナノ粒子化することで、いままで不可能であった難水溶性の aMG を血管注射することができ、ナノ粒子ががん細胞に集まることを利用して顕著な抗がん作用があることを確認した。この結果は極めて重要なので、本大学から特許出願をした。以上の業績が本学位審査の対象となる。これらは、査読付きの論文としてもすでに発表済みである。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）	ファン ティ キウ チャン（ベトナム）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第146号
学位授与年月日	2020年9月26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>Studies on the multi-biological functions of α-mangostin including inhibition of cancer metastasis, reduction of cell stiffness and activation of leukocytes</p> <p>（α-マンゴスチンの生物学的機能—がん浸潤抑制、細胞の機械特性低下、白血球の活性化—に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 木原 隆典 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（学術））</p> <p>審査委員 中澤 浩二 （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 櫻井 和朗 （北九州市立大学国際環境工学部教授 理学博士）</p> <p>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））</p> <p>審査委員 早見 武人 （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

In recent years, there is an increasing interest from scientists to plant derived compounds both in cosmetic and nutraceutical products. *Garcinia mangostana* Linn (Mangosteen) belongs family Guttiferae which is a tropical fruit and cultivated in many tropical rainforest countries such Thailand, Vietnam, Indonesia and Philippines. Mangosteen hull was used as a traditional medicine for skin infection, wounds, dysentery and diarrhea for hundreds of years in the Southeast Asia. The pericarp (peel) of Mangosteen fruit have been reported to contain tannin, xanthone, chrysanthemin, garcinone, gartanin and other bioactive substances.

α -Mangostin was found the most abundant in the major xanthones taken from the pericarps of the mangosteen fruit. This compound is a yellowish coloring matter and has been discovered with a wide range of biological activities both in in vitro and in vivo including anti-inflammatory, anti-tumor, cardioprotective and anti-obesity agents. It has been indicated that has verify function in biological activities. Therefore, the following chapters here deal with understanding the multi biological functions of α -Mangostin with anti-metastasis, reduction of the cell stiffness and activation of leukocytes.

Chapter 2: α -Mangostin was first investigated to establish method to extracted this compound from the pericarp of Mangosteen fruit. There are several methods have been reported to extract α -Mangostin. In this study, α -Mangostin was extracted from the pericarp by using ethanol and silica gel and optimized the condition and solvent to obtain the highest yield.

Chapter 3: The effect of α -Mangostin on cancer cell metastasis was indicated on human lung cancer cells. The metastasis of cancer is very completed, and almost the research of anti-metastasis of α -Mangostin were studied on mono-culture which is deficient in interaction between cancer cells and surrounding cells. Therefore, I developed a co-culture system that cultured cancer cells and normal cells together in order to reflect the communication between cancer cells and normal cells. Then impacts of α -Mangostin were examined on this co-culture system.

Chapter 4: I found that α -Mangostin reduced the cell surface stiffness of various types of cells. The cell surface stiffness is mainly attributed by the actin cytoskeleton, so after treatment with α -Mangostin, these cells were stained their actin cytoskeleton to observe the change.

Chapter 5: The new biological function of α -Mangostin was found in activation of leukocytes. I found that α -Mangostin induced the adhesion of leukocytes and it also reduced the stiffness of leukocytes. In addition, the activation of protein kinase C (PKC) and protein phosphatase were found to be necessary for α -Mangostin-activated leukocytes.

In this research, it was made clear that α -Mangostin presented its diversified biological functions, it was not only found with anti-cancer, but also has other effects with different cell types. The anti-metastasis of α -Mangostin has been found in several researches on cancer cells, but in this study, I found that α -Mangostin also had positive effect on normal cells which were surrounded cancer cells. This finding is important to optimize the conditions of this compound as a chemotherapeutic and chemopreventive agent. In addition, α -Mangostin changed the mechanical properties which has been proposed to participate in regulation of cell state and fate. The mechanical properties is also play important role in leukocytes, α -Mangostin reduced the cell stiffness followed by induced the cell adhesion and activated leukocytes. These results contribute to complete the whole picture of the biological function of α -Mangostin, and these function of α -Mangostin is useful for studies on the potential pharmacological principles as well as the preclinical applications of the α -Mangostin.

論文審査の結果の要旨

植物由来の天然成分には薬理学含め様々な作用を持つものがあり、その利用可能性について活発に研究が行われている。本論文は、東南アジア原産の果実マンゴスチンの果皮に含まれる天然ポリフェノール、 α -マンゴスチンの細胞活性について研究・考察を行った。

第一章は総合序論として、これまでに知られている α -マンゴスチンの薬理学・生物学的作用について説明した。特に α -マンゴスチンの持つ、抗酸化、抗ガン、抗炎症作用について、また細胞へのアポトーシス誘導、がん細胞増殖阻害の作用について説明した。第二章は α -マンゴスチンを安全・安価・高効率で抽出する方法について検討し、シリカゲルを利用することで高効率に α -マンゴスチンを抽出できることを見出した。第三章は α -マンゴスチンの肺がん細胞への作用について検討した。 α -マンゴスチンは肺正常線維芽細胞よりも高い感受性で肺がん細胞を死滅させること、肺がん細胞の運動能力を低下させること、肺がん細胞の線維芽細胞への浸潤を抑制することを見出した。またその過程で、がん細胞の正常細胞浸潤過程を評価する手法を開発した。第四章は α -マンゴスチンの細胞表面剛性への作用について検討した。細胞表面剛性は細胞骨格に依存する細胞の物性であり、原子間力顕微鏡によるナノレベルの解析で評価できる。その結果、 α -マンゴスチンが様々な細胞の表面剛性を低下させることを見出した。第五章は α -マンゴスチンの白血球への作用を調べた。その結果、 α -マンゴスチンは白血球の表面剛性の低下と細胞接着を誘導すること、それは細胞内シグナル分子の一つである **Protein Kinase C** を活性化させることで生じることを見出した。第六章は、 α -マンゴスチンがこれまでの報告に加え、さらに多様な作用を細胞に有する天然成分であるとして、研究を総括した。

本論文は α -マンゴスチンの抽出から新規の細胞活性の発見、さらにその機構について明らかにすることで α -マンゴスチンの薬理学的有用性・利用可能性を高め、天然成分を利用する細胞工学分野に貢献した。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）	イシ シンウ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第147号
学位授与年月日	2020年9月26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>EMPIRICAL RESEARCH ON INTEGRATED DESIGN-BUILD PROCESS FOR ARCHITECTURE THROUGH ROBOTIC TECTONICS PEDAGOGY （ロボットテクトニクス教育手法による統合型建築デザイン構築プロセスの実証研究）</p>
論文審査委員	<p>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））</p> <p>審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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））</p> <p>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））</p>

論文内容の要旨

In this study, through the literature review of ‘tectonic’ and deductive theory studies, inductive practice of workshop experiments, and quantitative investment of teaching questionnaires, plans to use mixed-method strategy, exploring the hypothesis of Robotic Tectonic as Cross-interactive process of integrated design-build process for architectural design inspiration.

Through this study, the author aims to introduce a new didactic pedagogical approach that is reliant on the principles of robotic tectonics and is defined through linear development in four distinct, developmental stages (based on information gleaned from four "Robotic Tectonics" workshops and various other rich teaching practices). This pedagogical framework provides interdisciplinary knowledge to architecture students and enables them to use advanced digital tools such as robots for automated construction, laying the groundwork for the discovery of new integrated design-build process that will redefine architecture in the near future.

This study is composed of seven chapters.

chapter 1 is study background and motivation, by introducing the AEC industry conditions, current development of advanced technologies, the introduce of robotics technology and its influences for architectural design method, framing research question and objective, choosing research methodology and propose thesis hypothesis.

chapter 2 is study methodology and theoretical study on the concept development of robotic tectonics, form the initial ideas of tectonic concept, to the concept of digital tectonics, and finally the emerging of robotic tectonics. The deductive theory studies towards the concept of Robotic Tectonics is developed, then it is tested and applied to the pedagogical approach for the future sustainable architectural education.

chapter 3 to chapter 6 is experiments on the four stages approach of robotic tectonics, with the combination of the inductive practice experiments, introducing the mechanism of the four stages of Robotic Tectonics workflow, and relevant questionnaire analysis for each stage.

chapter 7 is conclusions, summarized the above studies from theory, practice, and teaching, three study paths, drawn the comprehensive image of the concept of Robotic Tectonics, and the imagination of the future developments.

論文審査の結果の要旨

自動化建設技術としてのロボットテクニクスは、近年、急速に建設業界に導入されつつあり、建設品質の向上や労働力不足問題を解決することが期待されている。また、新規に開発された BIM (Building Information Management) などのデジタル設計ソフトウェアをこの自動化された建設技術に統合することにより、新たな設計手法が確立しつつある。本研究では、このロボットテクニクスをアルゴリズム設計と組み合わせ、ロボットによる施工を前提にした新たな統合的設計手法を開発することを目的としている。

第 1 章は、研究の背景と目的を述べており、建設業界でのロボット技術の導入状況、建築設計方法への影響等を示している。第 2 章は、デジタルテクノロジーによるアルゴリズム設計手法とロボットテクニクスを統合した建築設計手法を示し、「統合型建築デザイン構築プロセス」の概念と方法論および理論的アプローチを提示している。第 3 章は、「統合型建築デザイン構築プロセス」の第一段階で用いるパラメトリックモデリングに基づく具体的建築設計手法を示し、ロボットによるクレイモデルとシリンダーモデルの 2 つの実践的事例を示し、ロボットによる新たな建設手法の実現性を提示した。第 4 章では、ロボットテクニクスを用い、ロボットが建設可能な造形から、新たな造形を生み出す設計手法を示すとともに、アルゴリズムを用いたマルチデータによる建築形態生成法を提示し、これまでの建築設計のあり方を大きく変える設計手法を提案している。第 5 章では、3D プリンティング技術をロボットテクニクスに応用した **Robotic 3D Special Printing** の実証実験を行い、木ブロックやレンガによる新たな形態の組積造の実例を示した。第 6 章は、前章結果を進化させ、木ブロックを用い、アルゴリズムにより生成した非常に複雑な造形をロボットで建設可能であることを実践的に証明した。また、学生が設計から建設までを体験するワークショップを行い、アンケート調査から、形態生成段階、設計段階、ロボット操作の習得段階、建設段階で、ワークショップによる実践的教育手法がどの程度有効かを比較分析し、高い教育効果があることを示した。第 7 章では、総括を行っている。

以上、本研究は、建築分野におけるデジタルテクニクスとロボットテクニクスを融合させた、これまでにない統合型建築生産プロセスを開発するとともに、ワークショップによる教育学的フレームワークを構築し、建築を先攻する学生がアルゴリズムによる形態生成や建設用ロボットを操作する高度なデジタルツールを習得する新たな設計教育手法を確立しており、近い将来、建設業界に大きな技術革新をもたらすと同時に建築教育分野にも大きく貢献することが期待される。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）	セン ボンエツ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第148号
学位授与年月日	2020年9月26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>STUDY ON THE ECONOMY POTENTIAL AND IMPLICATION OF HYDROGEN ENERGY SYSTEM WITH CARBON TAX INTRODUCTION</p> <p>（炭素税導入に基づく水素エネルギーシステムの経済的可能性 と影響に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 龍 有二 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 城戸 將江 （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 黎 曉紅 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p>

論文内容の要旨

This study proposed the introduction of carbon tax to highlight the characteristics of zero carbon emission of hydrogen energy, and to transfer the environmental advantages of hydrogen energy into economic benefits. The economic benefits of hydrogen energy system and conventional energy system were analyzed from the three levels of equipment, system and region.

The results show that the carbon tax introduction can effectively improve the economic benefits and help the promotion of the hydrogen energy system. At the same time, the popularity of hydrogen energy systems will also greatly accelerate the realization of global deep decarbonization.

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

In chapter 2, literature reviews of hydrogen energy were sorted out.

In chapter 3, methodology of the research was purposed, and load forecasting method was studied.

In chapter 4, the energy utilization potential of fuel cell was studied, and the economy after carbon tax introduction was analyzed. It proposed that hydrogen energy equipment will become competitive in the market under the price system of 2030

In chapter 5, the economy potential of fuel cell vehicle to grid system was compared with conventional system. The results show that the fuel cell vehicle and V2G have a higher degree of agreement.

In chapter 6, the economy potential of region distributed hydrogen energy system was compared with conventional system in different building types.

In chapter 7, the implication of carbon tax introduction and hydrogen on energy structure was analyzed. The introduction of hydrogen energy can help Japan achieve carbon emission reduction targets more efficiently.

In chapter 8, the conclusions of each chapter were summarized.

論文審査の結果の要旨

本研究は、使用過程において二酸化炭素を発生しないという水素エネルギーの特徴に基づいて、炭素税の導入を通じて水素エネルギーの環境優位性を経済効果に転化させることにより、水素エネルギーの導入がエネルギー構造と二酸化炭素排出に及ぼす影響を明らかにするものである。

第一章では、水素エネルギーの導入における背景及び可能性を調べ、本研究の目的及び必要性を明らかにした。

第二章では、文献調査を行い、水素エネルギーシステムのコスト削減の現状と動向を明らかにした。

第三章では、従来システムと比較するため、水素エネルギーシステムの供給モデルを提案した。需要側の負荷予測に転移学習（Transfer Learning）手法を用いて新しい方法を提案し、従来の予測法との比較検証を行った。

第四章では、水素を用いた燃料電池のエネルギー利用効率を検討し、炭素税導入後の経済性を分析し、水素エネルギーの利用が 2030 年までに市場競争力を持つことを明らかにした。

第五章では、北九州のある大型商業建築を対象に、燃料電池自動車からグリッドシステムへの電力供給可能性及び経済的ポテンシャルを検討し、将来における水素システムの経済発展の潜在力を明らかにした。

第六章では、北九州市八幡地区東田の建築群を例にとって、地域における分散型水素エネルギーシステムの最適な配置と経済効果を探り、環境性と経済性からその有効性を確認した。

第七章では、炭素税導入と水素エネルギーがエネルギー構造に与える影響を分析し、水素エネルギーが日本においてより効率的に炭素排出削減目標を達成するのに役立つことを証明した。

第八章では、各章で得られた知識と見解をまとめた。

以上の内容により、本研究は炭素税の導入による水素エネルギーの経済性及び環境への影響を調べたことにより、当該分野に新しい知見を与えるものであり、一連の研究成果により、水素エネルギーシステムの普及と経済効果の向上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。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ コウソ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第149号
学位授与年月日	2020年9月26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 Complexity of Urban Structure in Pre-industrial East Asian Cities (産業革命以前の東アジアの都市における都市構造の複雑さに関する研究)
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 工学博士) 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 工学博士) 審査委員 大矢 仁史 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士)

論文内容の要旨

As biology inspired of space-organism, cities in continues land expansion and growth size metabolic, is also considered with a similar mechanism for its own internal-structures interactive. This localized environmental various brought about by the overall development outcome that affect every residential property living in it, especially in areas with a high concentration of urban agglomeration in East Asia, which the ultra-large-scale urban environment basically replaces the original surface natural environment and becomes the dominant environment for human life. However, while facing the size of a huge and highly centralized city, it is difficult to fully understand the heterogeneous and complex urban texture of the urban structure and environment of the local area.

Therefore, the propose of this study intend to make a step forward the understanding of cities with their spatiotemporal dynamics and central-peripheral effects as the organism metabolism for the model-based built environment and socio-economic activities matching. Which specially focus the self-organized formation process in pre-industrial East Asia cities with historical form patterns as empirical evidence. And configuring the correlation between human action manifolded land consumption probability and statistical urban patterns quantity of non-fossil energy drives human settlement state. Additionally, the author purposed a simple mechanism to reproduce the cities expansion and growth of its organism evolves from historical order of relatively equilibrium to contemporary disorder of system complexity.

The research approach for an universal urban patterns modelling method is divided into two stages, accordingly, the pre-industrial city formation process simulates with East Asian cities model of their intact city boundaries and structure laws as the primitive urban dynamics, the contemporary urban aggregation delineation with the system complex and boundary discreteness.

論文審査の結果の要旨

本論文は、フラクタル次元表現における都市空間座標系の理論的分析と実践的なフィードバックを用いた都市形成過程における都市モデリング手法に関する研究である。統一性をもつ都市形成制御プロセスを備えた都市とそのシステムにおけるさらなる知見を得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が述べられている。本研究と先行研究の関係性、特に都市の成長ダイナミクスの都市モデリング手法について重点的に記述している。

第2章では、北九州市八幡東区の都市化プロセスの事例を使用して、現在の都市の定義・問題点について記述している。フラクタルアルゴリズムの基本的な性質と定量的な分析手法について示しており、本研究において主要なアプローチであることを示した。

第3章では、機能的に類似したフラクタルアルゴリズムにおける都市の自己組織化された性質の分析を行った。空間構成分析を行う DepthMapX を用いて都市の接続性とアクセス可能性の推定を行い、CFD ソフトウェアである Envi-met を用いて全体的な換気条件の分析によって、理想的な都市モデルにおけるフラクタルの機能的適応性を明らかにした。

第4章では、産業革命以前の幾つかの東アジアの都市にまたがる実際の都市のスケーリング法に似たフラクタルの性質について調査を行った。ボトムアップ方式の都市モデリング手法について示し、都市システムを再構築し組織化を行った。普遍的な放射状パターンについて説明することのできるアロメトリックスケーリングとフラクタルプロパティの感度を使用することにより、研究対象としている東アジアの都市パターン間の組織の相互作用と構造的関係性について比較を行った。

第5章では、東アジアのモデル都市における都市クラスタリングアルゴリズムの類似性の評価と、物理的な場所における人体感覚の測定及び土地の占有率に関する調査を行った。都市のユビキタスな統計パターンが示すように、人間の歩数測定とその占有敷地に関する意見を裏付ける実証的証拠の検討を行い、人間の占有確率ベースの都市分析方法について示した。

第6章では、地域化された都市環境の各構成要素の位相空間ポテンシャルを推定し、その分布サイズと各形成パターンの都市を定量化およびサンプリングする可能性として、標準の人体占有を使用する考察について記述した。

第7章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文では、特徴付けられる（有機体）オーガニズムとしての都市のシ

ミュレーションと最適化に関する今後予想される研究について示し、都市モデル生成中の都市システム全体に対する人体感覚との関係性について明らかになった。特に東アジア都市の都市化プロセスについてのさらなる研究に貢献し、今後の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）	ホウ オウソウイク（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第150号
学位授与年月日	2020年9月26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>Comprehensive Assessment of Urban Development and Its Environmental Implications Between China and Japan （中国と日本における都市発展及びその環境への影響の総合評価に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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 工学博士）</p> <p>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））</p> <p>審査委員 松本 亨 （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

This study mainly focused on the spatial effect on city development. Spatial analysis was conducted to explore the characteristics and correlates of city development, and its impact on environment for cities in China and Japan. The issue of city development was investigated from multiple perspectives.

In chapter one, research background and significance of urban development and environmental implications were demonstrated. In addition, the importance of plan and evaluation of urban environment was analyzed and the previous study about this research is reviewed. Then the purpose of the study was proposed.

In chapter two, firstly, the concept and application of GIS, and the GIS based exploratory spatial data analysis methods were introduced. In addition, the framework of urban development evaluation based on the spatial data analysis was introduced.

In chapter three, we developed SGWR models to capture the spatiotemporal differences in urbanization correlates in China from 2005 to 2015.

In chapter four, we developed SGWR models to capture the spatiotemporal differences in city shrinkage correlates in Japan from 2005 to 2015.

In chapter five, the coupling coordination degree model was applied to evaluate the comprehensive level of urbanization for cities in the Beijing city cluster.

In chapter six, we applied global and local Moran's tests to investigate the population change in Kitakyushu and explore the correlation between population change and demographic, urban vitality factors.

In chapter seven, we developed random forest models to downscale the MODIS LST products during eight periods in Fukuoka, Japan. Then we captured the spatial correlation between the population, the LULC, and the LSTs, and explored the cooling effect potential of the urban blue green spaces.

In chapter eight, the history of urban development process in China and Japan was summarized, and the correlates with urban development were compared. Meanwhile, the urban heat island of cities in China and Japan were compared.

論文審査の結果の要旨

本研究は、地理情報システム（GIS）に基づく空間分析及リモートセンシング（RS）の組み合わせを用いて都市空間的特徴及び都市の熱環境に及ぼす影響を検討したもので、日本と中国の発展レベルの異なる都市に対して、都市の特徴と熱環境に関連する要素を評価するモデルを構築し、時間と空間の両方から都市発展の評価を行ったものである。

第1章では、論文の研究背景及び目的をまとめた。

第2章では、GISの空間解析方法及びRSのデータを組み合わせる方法を述べ、都市発展の空間依存性と空間異質性に基づいて、都市発展の評価モデルを構築した。

第3章では、空間解析の方法を用いて中国における都市化プロセスを評価した。また、都市化に関連する要素の時間と空間の違いを探り、中国の都市化は各都市間でアンバランスな発展が生じている問題を明らかにした。

第4章では、日本の都市における収縮過程を評価し、収縮過程に関連する要素の時間的及び空間的違いを探り、都市の収縮過程を緩和するための対策を明らかにした。

第5章では、都市化が最も進んでいる地域である北京都市圏を例として、都市の間のアンバランスな発展を多次元で検討した。

第6章では、日本の都市の中でも収縮現象が最も深刻な北九州市を例に挙げ、地域別の移働人口の特徴と、都市経済の変化が人口変化に及ぼす空間的影響を検討した。

第7章では、RSデータを用いて、福岡県におけるヒートアイランド現象を分析し、都市の水辺と植生空間によるヒートアイランドに対する緩和効果を明らかにした。

第8章では、日本と中国の都市変遷を比較し、日本と中国の規模の異なる都市のヒートアイランド現象の違いを明らかにした。

第9章では、各章で得られた知見をまとめ、総括とした。

以上のとおり、本研究はGIS及びRSの組み合わせにより、都市空間及び熱環境への影響を検討したもので、当該分野に新しい知見を与えるものであり、一連の研究成果により、都市開発の持続可能な方向への改善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。

フリガナ 氏名（本籍）	ゴン チャオ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第151号
学位授与年月日	2020年9月26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	Density Optimization for Analog Layout based on Transistor-array （トランジスタ・アレイ方式に基づくアナログレイアウトにおける密度最適化）
論文審査委員	主 査 中武 繁寿 （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准教授 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）） 審査委員 井上 浩一 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

In integrated circuit design of advanced technology nodes, layout density uniformity significantly influences the manufacturability due to the CMP variability. In analog design, especially, designers are suffering from passing the density checking since there are few useful tools. To tackle this issue, we focus on a transistor-array(TA)-style analog layout, and propose a density optimization algorithm consistent with complicated design rules. Based on TA-style, we introduce a density-aware layout format to explicitly control the layout pattern density, and provide the mathematical

optimization approach. Hence, a design flow incorporating our density optimization can drastically reduce the design time with fewer iterations. In a design case of an OPAMP layout in a 65nm CMOS process, the result demonstrates that the proposed approach achieves more than 48× speed-up compared with conventional manual layout, meanwhile, it shows a good circuit performance in the post-layout simulation.

The main contributions of this paper are listed as follows: 1)To the best of our knowledge, this is the first work handling DRC and layout density simultaneously. We provide a density-aware format for predictability of analog layout density. Besides, the density optimization design flow has great potential for eliminating aggressive dummy-feature-filling-induced problems. 2)We formulate the centering of the density among constraints as a mathematical optimization problem. Furthermore, we provide a reasonable approach to solve the problem, which searches for an optimum by a Min-Dum scheme to avoid exhaustive search on all the feasible solutions, simplifying the problem as a quadratic programming problem. 3)We develop a TA-style analog layout design automation flow incorporating the density optimization, and we demonstrate a design case of an OPAMP layout in a 65nm CMOS process. Compared with a manual layout by the traditional method, the experimental results demonstrate the high efficiency and effectiveness of our method.

論文審査の結果の要旨

本研究は、アナログ集積回路レイアウト設計技術に焦点を当て、先端の半導体微細製造プロセスの平坦化技術に起因する製造ばらつきを軽減するために、複雑な設計制約のもとでのレイアウト密度最適化アルゴリズムを提案している。

第1章では、半導体微細加工技術の進歩に伴い、製造ばらつきの回路性能に与える影響が顕著になり、それを踏まえた上での製造性考慮設計が必要である一方、デジタル回路と比較して、アナログ回路では製造性を考慮する有用な設計ツールがなく、設計生産性のボトルネックとなっていることを述べている。第2章では、本論文の前提知識となる、平坦化技術に起因する製造ばらつきの発生メカニズム、その抑制のためのレイアウト密度制約、およびアナログ回路の製造性ばらつきを抑制するためのトランジスタ・アレイ設計方式について紹介し、その前提に基づく提案手法の位置づけを概略として述べている。第3章では、実際の集積回路設計に用いられるレイアウト密度の検証方式と密度の導出方法を紹介し、トランジスタ・アレイ方式に特化した設計パラメータを導入することにより、レイアウト密度の制御を容易にできることを示唆している。第4章では、第3章において導入した設計パラメータに基づき、レイアウト密度制約最適化問題を非線形最適化問題として定式化し、その解法の枠組みを提案している。第5章では、提案する最適化枠組みに沿う具体的なアルゴリズムの事例として、全探索により最適解を導く方式の提案を行い、実際の65nm半導体製造プロセスにおけるアナログ回路レイアウト設計へ適用した事例を紹介し、提案手法の有効性を実証している。検証では、ポストレイアウトシミュレーションによる回路性能、面積のトレードオフが議論され、実際の設計上の考慮すべき知見を明らかにしている。第6章では、全体を要約し今後の課題に触れている。

以上を要するに、本研究は、アナログ集積回路の設計生産性を向上させるために、実用レベルの前提に基づき、レイアウト密度最適化するためのアルゴリズムを提案し、先端の半導体微細プロセスにおける設計事例により、提案方式の有効性を実証したものである。今後の微細化の進む半導体設計では必須な技術であり、アナログ回路におけるレイアウト密度制御技術は前例がなく、その貢献は大きいと言える。

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）	ズオウ シュンチャン（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第152号
学位授与年月日	2020年9月26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 Fully Synthesizable, Low Voltage and Low Power Stochastic Flash A/D Converter with Wide Input Range (完全自動合成可能な低電力・広入力統計的フラッシュ型 A/D 変換回路)
論文審査委員	主 査 中武 繁寿 (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准教授 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）) 審査委員 清田 高德 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

Analog-to-digital converter (ADC) plays a role of bridge between analog domain and digital domain, converting an analog signal into a digital result. As a kind of ADC structure, flash ADC has always been known for its high speed. However, comparator offset limits the conventional flash ADCs to achieve a high resolution.

To deal with issues of the comparator offset, a stochastic flash ADC (SFADC) was proposed in the prior works. SFADC utilizes the comparator offset that follows a Gaussian distribution as trip points, which results in the transfer function of SFADC being shaped like a cumulative distribution function of Gaussian distribution. SFADC has the advantages of high speed, low voltage, and ability to detect small signals. However, high power consumption and a narrow linear input range limit its performance. This work focuses on SFADC, and revolves around how to solve these two issues.

First, we introduce the ADC's theoretical overview and crucial specifications. Second, we introduce the fundamental and properties of SFADC, and explore how many comparators are needed in SFADC. Third, to control the power consumption of the comparator which is used extensively in SFADC, we propose a fully synthesizable rail-to-rail dynamic comparator. We reveal its trick to control power consumption and the principle of realizing rail-to-rail input range. Besides, we discuss the two variants of it. Through the simulation, we compare them with other synthesizable dynamic voltage comparators. Fourth, we propose a linearity enhancement technique (LET) to improve the linearity and extend the input range of SFADC. We explain its principle and compare the performance of the SFADCs with/without LET through behavior simulation. Fifth, we design a fully synthesizable stochastic flash A/D converter (SFADC) based on the 65nm CMOS process in the end, which can operate at the supply voltage of 0.6V with power consumption as low as 1.5mW at the clock frequency of 250MHz. The entire ADC, except for the resistor ladder, is described with Verilog language and synthesized according to a standard digital design flow. Low-power single comparator saves the overall power of SFADC. The rail-to-rail input range of comparator and the linearity enhancement technique, enable the SFADC to obtain a wider input range and better linearity. We compare our proposed SFADC with other prior works, showing the advantages in terms of voltage and power consumption. The proposed SFADC is very suitable for the wearable system, communication system and biomedical field.

論文審査の結果の要旨

本研究は、生体センサーノード・デバイス等に搭載が有効な低電力アナログ・デジタル変換回路（ADC）として、自動合成可能な新しい統計的フラッシュ型 ADC を提案し、65nm 製造プロセスを対象とした回路設計を行い、実用レベルの動作検証により、類似の他回路と比較して、その優位性を実証している。

第 1 章では、様々なアーキテクチャの ADC を紹介し、本研究で扱う統計的フラッシュ型の低消費電力の評価における優位性を述べている。第 2 章では、ADC の信号変換の原理に基づき、量子化エラーやオフセットなど、基本的な回路の評価指標について、その導出方法を含めてまとめている。第 3 章では、提案回路のもととなる統計的フラッシュ型 ADC の原理、および典型的な構成回路について説明している。第 4 章では、統計的フラッシュ型 ADC の構成回路である比較器回路（コンパレータ）について低電力を実現するダイナミック機構を導入し、その基本的な回路性能を検証している。特に、信号入力の範囲を拡大する工夫を導入し、シミュレーションによりその効果を実証している。また、統計的フラッシュ型 ADC は数千のコンパレータから構成されるため、提案のダイナミック・コンパレータがデジタル回路の自動合成プラットフォームが利用できる回路ライブラリで合成できることを示している。第 5 章では、ADC の重要な評価指標の一つである線形性に焦点をあて、コンパレータについてオフセットの統計情報に基づくグループ化を行い、グループごとに異なる演算回路を適用し、従来方式と比較して、高い線形性および高い実効分解能が実現できることを統計的解析により実証している。第 6 章では、65nm 半導体製造プロセスを対象として、第 5 章の方式の回路を自動合成し、クロック周波数 250MHz、消費電力 1.5mW、電源電圧 0.6V で動作することをシミュレーションにより実証している。この結果は、近年の類似回路と比較して、消費電力および実効分解能の評価指標において数値的な優位性を示している。第 7 章では、全体を要約し今後の課題に触れている。

以上を要するに、本研究は、低電力性において優位性を持ち、自動合成可能な ADC を提案し、合成回路のポストレイアウト・シミュレーションによりその妥当性を実証したものである。ADC は、センサーノード・デバイスには必ず搭載されるため、低電力を実現する回路の提案は、学術的かつ実用的な貢献は大きいと言える。

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）	ファン ホアン トウ タオ（ベトナム）
学位の種類	博士（学術）
学位番号	甲第10号
学位授与年月日	2020年9月26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	Design and evaluation of solid waste management courses for sustainable development in elementary schools: A case study in Da Nang city, Vietnam （廃棄物管理に着目した持続可能な開発のための小学校教育コースの設計と評価：ベトナム、ダナン市における事例研究）
論文審査委員	主 査 加藤 尊秋 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 野上 敦嗣 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士） 審査委員 二渡 了 （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））

論文内容の要旨

Environmental problems are of concern to citizens and governments of both developed and developing countries. To solve existing and emerging environmental problems, education is important. This study aimed to design solid waste management courses for elementary school students in Da Nang city, Vietnam, and to measure the effects on student's knowledge and behavioral intention to correctly manage waste. The study was carried out in elementary schools that had an average demographic and socio-economic level.

This study evaluated student's knowledge of environmental issues and problems to the level of their attitude and intention. The environment education was identified, and the effects of some factors such as family, school and communities on their environmental knowledge, attitude and behavior intention were investigated.

The effectiveness of environmental education activities using a one time and six-month workshop approach, created by the author, on fourth grade student's environmental knowledge was examined. The study used a treatment – control design to measure the impact of environmental education. The sample set included students from two elementary schools. Evaluation questionnaires were administered to all students before and after environmental education activities, where the treatment group participated in a workshop created by the author and school. In contrast, the control group was only exposed to environmental education that was an existing part of the school curriculum.

The study was successful at improving student's knowledge, attitude and intention on solid waste management by workshop activities. It identified effective configurations of workshop activities in terms of length of education and combination of lecture and group game methods.

論文審査の結果の要旨

本論文は、ベトナムの小学校向けに廃棄物関連環境教育プログラムを設計し、その効果を実証的に検証している。

第1章では、研究の背景や目的を示す。第2章では、環境教育に適した対象学年や教育の実施方法、ベトナムの環境教育の実情について既存研究を整理し、廃棄物関連環境教育がほぼ行われていないベトナムにおいて公立小学校の4、5年生を対象とする等、本研究の着目点を示している。第3章では、同国ダナン市内の小学校で1日の廃棄物環境教育を実施し、児童の廃棄物関連知識の変化を教育前後、および、実験群と対照群の比較により明らかにした。第4章では、北九州市内の小学校においてアンケート調査および行動観察により廃棄物関連環境教育プログラムの実施状況を調べ、ダナン市の小学校向けに改良し、全10回(6ヶ月間)の廃棄物関連環境教育プログラムを設計した。第5章では、実験群と対照群を設けた上で前章において設計された廃棄物関連環境教育プログラムをダナン市内の小学校で試行し、講義形式の授業とグループ作業形式の授業では、効果的に伝えられる知識の種類が異なることを示した。さらに、共分散構造分析により、同教育プログラムの開始前は廃棄物分別についての態度と市内で非公式に行われている食品残渣分別への参加意思の結びつきが強かったものが、同教育プログラムの実施後には、主観的な規範の程度と廃棄物一般の分別意思の結びつきへと授業内容に沿って生徒の考え方が変化したことが示された。第6章では、上記6ヶ月間の教育プログラム実施後14ヶ月目における児童の廃棄物関連知識の程度が分析され、教育実施当初の正答と誤答の発生のしかたによって教育プログラム終了後の知識の定着のしかたが異なる等の知見が得られた。第7章は、研究の総括である。

以上、本論文は、小学校における廃棄物環境教育の経験が浅いベトナムにおいて同教育を行うための短期と長期の教育プログラムを設計、試行、評価し同国の廃棄物環境教育改善のために利用可能な知見を得た。この知見は、環境システム工学において発展途上国の廃棄物管理体制を作る上で高く評価される。また、この研究の過程では、教育学、心理学、社会調査学、統計学の知識が融合的に用いられており、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）	ヤギ ソウイチロウ 八木 奏一郎（福岡県）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第153号
学位授与年月日	2020年9月26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	過膨張ノズルを通る低レイノルズ数圧縮性流れに関する研究 (Numerical and experimental study of overexpanded flows at low Reynolds numbers)
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 宫里 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 木原 隆典 (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

近年、微小機械システム(MEMS)の設計や製造により、質量流量計、小型衛星スラスタ、マイクロジェットエンジンといった、臨界ノズルを含むマイクロスケール装置の流れ場を理解する必要性が高まっている。スロートの直径が非常に小さい臨界ノズル流れではこれまでの研究からノズルを通る質量流量の大きな時間的変動が観察されているが、こうした流れ場を詳細に研究した事例は、測定技術の技術的課題のためほとんど報告されていない。

そこで、本研究では、理論レイノルズ数 $Re_{th} = 1.0 \times 10^5$ 以下の流れ場を低レイノルズ数流れとみなし、過膨張流れにおけるノズル内の流れ場を光学的可視化法による実験と RANS による数値計算を用いて調査した。

数値計算によって、低レイノルズ数圧縮性流れ場を解いた結果、流れ場のレイノルズ数が低下するにつれ、質量流量は急激に低下し、流れ場の等マッハ数分布が著しく変化することが明らかとなった。また、レインボーシュリーレン法やマッハ・ツェンダー干渉法といった光学的可視化法でノズル内部の流動機構を調査した結果、衝撃波構造が背圧比によって変化し、衝撃波が一定の支配周波数をもってノズル内部で振動することが明らかとなった。さらに、レインボーシュリーレン法によって定性的かつ定量的に測定した流れ場を同条件下で数値計算することにより流れ場の評価を実施した。

その結果、境界層内の速度分布が乱流に近い場合は、ロケットノズル内ではく離を伴う流動モデルとよく一致するが、境界層内の速度分布が層流に近い場合は流動モデルと大きく異なる結果となることがわかった。

論文審査の結果の要旨

第1章～第3章では、臨界ノズルや過膨張流に関する従来の研究や理論について説明しながら、過膨張ノズルを通る低レイノルズ数圧縮性流れに関する研究の目的について述べている。

第4章～第6章では、光学的可視化や本研究で用いた実験装置・実験方法および数値計算手法について述べている。

第7章では、ISO 9300 に準拠した(円形断面)形状の臨界ノズルを通る、低レイノルズ数過膨張流れを数値計算により調査している。そこで、レイノルズ数 Re_{th} によって流出係数 C_d の傾向が変動することを明らかにしている。また、 $Re_{th}=1.0 \times 10^3$ 以下ではノズル内部と外部で明確な衝撃波が発生せず、 $Re_{th}=1.0 \times 10^4$ 以上ではノズル内部において、ショック・トレーンによって周期的な圧力波が発生することを明らかにしている。

第8章では、可視化が可能となる二次元のベンチュリノズルを通る低レイノルズ数過膨張流れにおける衝撃波特性について、光学的可視化法により実験的に調査している。レインボーシュリーレン法により、衝撃波がノズルスロートの下流近傍で発生し、その位置は背圧比が減少するにしたがって、徐々に下流方向へ移動することまた、その形状は背圧比の減少に従い、垂直衝撃波からショック・トレーンへと徐々に変化することを明らかにした。また、マッハ・ツェンダー干渉計を用いて二次元ベンチュリノズル内部での衝撃波振動を撮影することに初めて成功し、ノズル内で垂直衝撃波が過膨張流れにおいて発生し、約 3kHz の支配周波数で振動すること、および主流マッハ数 1.5 未満でショック・トレーンが発生することを明らかにしている。

第9章では、二次元ベンチュリノズルを通る低レイノルズ数過膨張流れについて衝撃波による境界層のはく離に着目し、実験及び数値計算によって調査している。そこでレインボーシュリーレン法により流れ場の密度の定量的な可視化に初めて成功している。また、 Re_{th} 数が低い場合のはく離圧力比は、従来の理論と比較して大きく異なり、また、衝撃波と境界層の干渉開始点における境界層の速度特性は乱流ではなく層流に近いことを明らかにした。

第10章では、第7章～第9章で得られた結論についてまとめて述べている。

学位論文聴会において、論文の内容について問題なく発表し、論文審査時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）	オウ ガ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第154号
学位授与年月日	2020年9月26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>Environmental Evaluations and Cost Performance of Prefabricated Buildings Based on the Life Cycle Assessment （ライフサイクルアセスメントに基づくプレハブ建築の環境評価及びコストパフォーマンスに関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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））</p> <p>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））</p> <p>審査委員 天野 史章 （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

The research conducted a comparative study on prefabricated buildings and traditional buildings. The environmental impact and cost performance were analyzed from the perspective of the building life cycle. In addition, the optimal solution of insulation thickness of building envelope in different climate zones is analyzed.

In chapter one, Background and Purpose of This Study, introduced today's global issue, research background and significance of prefabricated buildings was introduced. Then the purpose of the study was proposed.

In chapter two, Survey on the Prefabricated Buildings Development in Various Countries, provided a comprehensive survey of the historical and current development of prefabricated buildings in different countries.

In chapter three, Theories and Methods of Life Cycle Assessment and Building Simulation, investigated and analyzed the life cycle assessment methods, the definition of life cycle analysis methods is clarified, and the advantages and disadvantages of different methods are analyzed. The simulation models are detailed introduce in this chapter as well.

In chapter four, Environmental and Cost Performance Comparison between Prefabricated and Traditional Buildings, assess the environmental impact of prefabricated and traditional buildings over the building life cycle using a hybrid model. A case study of a building with a 40% assembly rate in Japan was employed for evaluation.

In chapter five, Environmental and Cost Performance Comparison of Envelope Insulation between Prefabricated and Traditional Buildings, proposed models for the thermal insulation system of prefabricated buildings and traditional cast-in-situ buildings. The process analysis method is used to compare the environmental impacts of the two building thermal insulation systems during their life cycle.

In chapter six, Regional Applicability Performance of Envelope Insulation system in Prefabricated Buildings, based on different thermal climate zones in Japan, the relationship between the thickness of the insulation material in each zone and the energy consumption of the air conditioning was analyzed. The optimal insulation layer thickness for different thermal zones is given.

論文審査の結果の要旨

本研究は、プレハブ工法建築と従来工法建築を対象に、ライフサイクルの観点から、材料の生産や断熱性能が環境とコストへ与える影響を分析し、プレハブ建築物の評価に適したライフサイクルアセスメント手法を構築するものである。

第1章では、研究の背景と意義を述べ、本研究の目的及び必要性を明らかにした。

第2章では、さまざまな国のプレハブ建築の歴史及び研究開発状況を調べた。

第3章では、ライフサイクルアセスメント方法の定義を明確にし、プレハブ建築物の評価に適したライフサイクルアセスメントの分析手法を提案し、ハイブリッドシミュレーションモデルを構築した。

第4章では、ハイブリッドモデルを用いて、ライフサイクルにおけるプレハブ工法及び従来工法が環境へ与える影響を評価し、さらに、さまざまな組み立て率とプレキャスト杭の基礎が環境に及ぼす影響を明らかにした。

第5章では、プレハブ工法及び従来工法の現場打ち建物の断熱システムのモデルを提案し、断熱システムのライフサイクルにおける省エネルギー効果を明らかにした。

第6章では、異なる気候ゾーンにおいて各ゾーンの断熱材の厚さと空調のエネルギー消費量との関係を分析し、最適な断熱層の厚さを示した。

第7章では、各章で得られた知識と見解をまとめた。

以上の内容により、本研究はプレハブ建築の概念を明確にし、プレハブ建築の評価に適したライフサイクルアセスメント手法を構築し、ライフサイクル全体にわたる建築の環境評価を行ったもので、当該分野に新しい知見を与えるものであり、一連の研究成果は建築リサイクルを目指す循環型社会の構築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 29 号 (2020 年 9 月授与)

発行日 2020 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