

## 学位論文審査報告

高, 翔翔  
九州大学大学院人間環境学府

Zamani Ahari, Gholamreza  
Graduate school of Human-Environment Studies, Kyushu University

白, 涌滔  
九州大学大学院人間環境学府

岡寺, 良  
九州大学大学院人間環境学府

他

<https://hdl.handle.net/2324/1516840>

---

出版情報 : 都市・建築学研究. 26, pp.119-137, 2014-07-15. Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

## 学位論文審査報告

氏名(本籍) 高翔翔(中華人民共和国)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第302号  
学位授与の日附 平成25年9月24日  
学位論文題名 INSTALLED CAPACITY  
OPTIMIZATION IN  
COMBINATION OF  
DISTRIBUTED ENERGY  
RESOURCE DEVICES FOR  
RESIDENTIAL BUILDINGS  
(住宅の分散型エネルギー機器組  
み合わせにおける設備容量の最適  
化)

### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 藤本 一 壽  
(副査) " 准教授 古賀 靖 子  
" " 趙 世 晨  
" 東京大学 教授 赤司 泰 義

### 論文内容の要旨

Rapid depletion of fossil fuels will surely lead to shortage of end-use energy supply if no actions are taken. Energy consumption level of commercial and residential sector is growing larger and larger and increasing at a much faster rate than that of the other sectors. Thus, taking effective actions focusing on the commercial and residential sector brooks no delay.

Two main points of view for the effective actions are to increase efficiency in both conversion and transport of energy and to use alternative sources of energy. To increase central electric power plants utilizing renewable energy such as geothermal energy, wind energy, etc. instead of additional conventional electric power plants is considered, however, construction of these plants usually takes many years and they can not utilize exhaust heat in the energy conversion process. On the other hand, distributed energy resource (DER) devices such as photovoltaics, solar hot water panels, a fuel cell, etc., can be easily installed in on-site buildings and energy cascading utilization is expected in the DER devices.

Accordingly, this research aims for proposing a method to integrate the DER devices and determining the optimal combination with installed capacities, and for clarifying the reduction effects of energy consumption and expenses in residential buildings through case studies by a numerical simulation.

This dissertation consists of six chapters. The chapter outlines are described as follows:

In Chapter 1, general background of today's situation of dramatically rising energy consumption is revealed. The previous researches on combination and optimization of the DER devices are presented, the objectives of this research is given, and the structure of this dissertation is illustrated.

In Chapter 2, in order to show how the 'Kang', which is a Chinese traditional heating system using surplus exhaust heat (smoke) from cooking, use energy in an efficient way and improve indoor thermal environment, thermal processes of building with the Kang are described, the mathematical models are built, and results of the field tests and simulations are analyzed. Through the works of this chapter, the success and persistence of the Kang inspires me with this kind of idea as using one kind of energy in two ways to make efficient use of energy in modern energy systems.

In Chapter 3, dynamic models of photovoltaics, solar hot water panels and a fuel cell as three kinds of DER device are built on the basis of their working principles. Especially, the dynamic model of photovoltaics with effects of ambient temperature and that of solar hot water panels with effects of collector's heating loss are originally developed. The electric power and/or hot water generation capacity and efficiency of these devices are analyzed, and the device respectively demonstrates a relatively high efficiency in generating energy for residential use. This chapter provides the mathematical models for integration of the devices in the next chapter.

In Chapter 4, the DER device's models, which are built in the previous chapter, are integrated as an overall system with the operation strategies for the generation of electric power and hot water. The simulation program of the overall system with the DER devices installed to a typical residential building located in Fukuoka City are newly developed, and the standard weather data, the municipal water temperature data, the electric power and hot water loads calculated by another existing simulation program are collected as the input data of the system simulation developed. Finally, four patterns of combination of the selected DER devices are respectively analyzed. The reduction effects of energy consumption are compared, and the reasonable

results show that the integration method of the DER devices is validated. As a result of the case study, the total energy reduction is 77GJ/year when the 5.8kW PV panels are used and it increases to 88GJ/year by the combination with a typical SOFC.

In Chapter 5, a genetic algorithm is applied to optimize the installed capacities of the DER devices. As a result, the optimum combination of the DER devices for energy reduction is 30 modules of photovoltaic panel, a fuel cell with a capacity of 740W with the hot water tank volume of 200L. In this case, about 57% of energy consumption can be reduced and 7,714kWh of surplus yearly amount of electric power can be obtained. The optimum combination for cost economization change to 28 modules of photovoltaic panel and a solar hot water panel with 8 tubes and the tank volume of 150L in the initial ten years. In the subsequent ten years, a fuel cell with a capacity of 630W with the hot water tank volume of 170L is additionally installed to the system because the unit price would be decreased. In this case, about 16% of the life cycle cost for 20 years can be saved.

In Chapter 6, summary of this dissertation is given, and scope for further work is described. The methodology proposed in this dissertation is validated to reduce considerable quantity of residential energy consumption and expenses. The results of this research can help residents reform their existing DER devices, assist developers to equip the newly completed buildings with optimal DER devices, and also support designers in designing the hardware of newer types of DER devices.

## 論文調査の要旨

日本における民生家庭部門のエネルギー消費量や温室効果ガス排出量は今も増加傾向にあり、化石資源枯渇や地球温暖化防止の観点から、早急な対策が必要とされている。効果的な対策の一つに再生可能エネルギーの利用があげられるが、化石燃料による従来の大規模集中型火力発電を地熱発電や風力発電に置き換えるには、非常に長い年月が必要であり、エネルギー転換時の排熱も利用できない。したがって、住宅やビルの新築時や改修更新時において、再生可能エネルギーの利用や排熱のカスケード利用が可能な分散型エネルギー機器（太陽光発電、太陽熱利用、燃料電池など）の導入を促進していくことが強く求められる。しかしながら、単一の分散型エネルギー機器による省エネルギー効果を検討した既往研究は散見されるものの、複数の分散型エネルギー機器を相補

的に組み合わせることによって、一層の省エネルギー効果を得ることに着目した研究はほとんどなされていない。本論文では、このような背景のもと、各種の分散型エネルギー機器を適切に組み合わせる手法を提示し、数値シミュレーションによって住宅の省エネルギー効果や省コスト効果を定量的に明らかにすることによって、将来の民生家庭部門における分散型エネルギー機器のあり方について考察を加えている。これらの成果は以下の通りにまとめられる。

(1)中国の「炕(カン)」という伝統的な暖房システム(かまどで調理した際の煙を床下に通し部屋を暖めるもの)に関する数値シミュレーションや現場実測を実施し、「炕(カン)」による室内温熱環境の改善状況を明らかにするとともに、1つのエネルギー源を2つの用途に効率的に利用するという古くからの考え方を現代のシステムに適用する発想を得た。

(2)太陽光発電、太陽熱温水パネル、燃料電池(固体酸化物型)の3種類の分散型エネルギー機器について、外気温の影響やコレクターからの熱ロスを考慮できるような独自の計算モデルを構築した。これらの分散型エネルギー機器の数値シミュレーションを個別に実施し、その計算結果から導かれる各機器のエネルギー効率を明らかにした。

(3)太陽光発電、太陽熱温水パネル、燃料電池の計算モデルを1つの全体システムに統合し、典型的な日本の戸建住宅(福岡)に導入した場合の数値シミュレーションを実施した。ケーススタディとして4通りの組み合わせ方を取り上げ、それぞれのエネルギー消費削減効果を相互に比較することによって、全体システムにおけるモデル構築の妥当性を確認した。また、結果の一例として、5.8kWの太陽光発電の導入により年間77GJのエネルギー消費削減、燃料電池(発電能力700W・貯湯タンク90L)を太陽光発電に組み合わせることで年間88GJのエネルギー消費削減が可能なことなどを示した。

(4)太陽光発電、太陽熱温水パネル、燃料電池の最適な装置容量と組み合わせ方を遺伝的アルゴリズムにより明らかにした。エネルギー消費削減の観点からは、太陽光発電が30モジュール(5.85kW)、燃料電池が740W・200Lの組み合わせが最も良く、年間57%の省エネルギーと7,714kWの売電が可能であること、コスト削減の観点からは、最初の10年間は、太陽光発電28モジュール(5.46kW)と太陽熱温水パネル8チューブ(貯湯タンク150L)の組み合わせが選択され、その後の10年間は、燃料電池の価格が安価になるという想定のもと、さらに燃料電池630W・170Lを追加する組み合わせとなり、20年間のライフサイクルコストは16%削減されること、などを明らかにした。

以上、要するに、本論文は、住宅への分散型エネルギー

機器の導入に関して、各機器のモデル化と全体システムへの統合および数値シミュレーションを通して、最適な機器の装置容量と組み合わせによるエネルギー消費削減量やライフサイクルコスト低減額を定量的に明らかにすることによって、民生家庭部門の省エネルギーに向けた有用な技術的知見を示したものであり、建築設備工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。

氏名（本 籍） Gholamreza ZAMANI AHARI（イラン）  
学位記番号 博士（工 学）人環博甲第303号  
学位授与の日附 平成25年9月24日  
学位論文題名 STRUCTURAL IN-PLANE  
BEHAVIOR OF MASONRY WALLS  
EXTERNALLY RETROFITTED  
WITH FIBER REINFORCED  
MATERIALS  
(繊維補強材料によって表面から補強  
した組積造壁体の構造的な面内挙動)

#### 論文調査委員

(主 査) 九州大学 准教授 山 口 謙太郎  
(副 査) " 教 授 河 野 昭 彦  
" " " 神 野 達 夫

#### 論文内容の要旨

There is high stock of existing buildings including historical and cultural monuments around world constructed with unreinforced masonry (URM). In recent earthquakes, it has been proved that many of URM structures, such as ordinary houses, schools and so far, are highly vulnerable and as a result there is a serious need for proposing appropriate seismic retrofitting techniques for them.

This thesis focuses on the in-plane retrofitting of the URM walls. Improvement of the in-plane behavior of URM walls by means of the external application of engineered cementitious composite (ECC) and aramid fiber reinforced polymer (AFRP) was investigated in this research. This dissertation was organized in seven chapters.

A general overview on masonry buildings, types of construction and their seismic response are reviewed in Chapter 1. Also, the main vulnerability resources of these structures are discussed. Based on the earthquake experiences, inadequate in-plane and

out-of-plane responses of the load bearing walls are mainly responsible for partial damage and total collapse of URM structures. In this study, the in-plane behavior of URM walls was investigated.

The structural characteristics of URM walls such as compressive, shear, tensile and biaxial behaviors are discussed in Chapter 2. Tension softening, cyclic behavior and the failure criterion of URM walls are described as well. Also, in-plane failure modes of URM wall are explained.

An extensive comparative study was conducted on the existing URM retrofit strategies. The comparison process and results are described in Chapter 3. It was revealed that the surface treatment is the most suitable method from both applicability and cost-performance viewpoints in the case that the covering of the wall surface is acceptable due to architectural reasons. Also, it was found out that materials with high deformation and tensile capacity exhibit better in-plane performance in terms of shear strength and deformability. Retrofitting of URM wall with ECC as a new composite material was considered in this research work. ECC is a cement-based composite material with a strain-hardening tensile behavior with an excellent capability to control the width of crack. Improving the low tensile strength, strain-softening and brittle behavior of URM walls with such a ductile strain-hardening material was the main motivation of this research part. Also, AFRP sheet along with confining band system was applied to URM walls as another retrofit solution. As it has been reported in several research works, pre-mature debonding of FRP from substrate limits its efficiency. In present study, in order to eliminate this undesirable behavior, confining bands were utilized.

Since numerical analysis was conducted on the retrofitted masonry wall in this study, the available modeling strategies of URM are discussed in Chapter 4. This chapter was organized in two parts such as modeling of unreinforced and retrofitted masonry walls. The simple micro-model technique was employed for URM in the research. In case of retrofit modeling, new models for ECC and AFRP retrofitting methods were adopted and proposed. These models are also introduced in Chapter 4.

Chapter 5 deals with the conducted experimental program. The tests were conducted on the ECC and

AFRP retrofitted masonry wall specimens. The performance of each retrofit method was evaluated based on the comparison between the results of tests on bare and retrofitted URM specimens in terms of load resistance and deformability. Experiments conducted on the ECC retrofitted masonry showed that the shear resistance of URM was improved by an average factor of 3 per 10 mm retrofit overlay. Also, a significant enhancement in the deformation capacity by an average factor of 30 was observed in this retrofit method. In case of AFRP retrofitting, the shear capacity was increased by an average factor of 1.5. Also, the deformability of AFRP retrofitted masonry was obtained as about 5 times of URM. Moreover, the pre-mature debonding behavior of AFRP sheet was successfully controlled by the confining band system and lead to a more deformability.

Analytical studies on the retrofitted masonry with ECC and AFRP are described in Chapter 6. A simple shear model was introduced for ECC retrofitting which its results were in good agreement with experimental data. Efficient strain approach was adopted for URM and the contribution of confining band system to the efficient strain of the AFRP sheet was evaluated. It was found out that the efficiency factor of confining is inversely proportional to the axial rigidity of AFRP sheet. Employing simple micro-model approach, numerical FEM analysis was conducted on the ECC and AFRP retrofitted specimens. An elasto-plastic material model adopted for numerical model of ECC retrofitting. A good agreement was found out between the analytical and experimental results of ECC-URM in terms of shear capacity and deformation. Also a new bilinear tensile model for AFRP-resin assemblage was proposed. It was revealed that this model is able to predict the compressive load-deformation relation of the retrofitted diagonal specimens with a good agreement to experimental data.

The summary, major findings, conclusion remarks and recommendations for future studies are described in Chapter 7.

### 論文調査の要旨

本論文は、無補強組積造の壁体を面内方向に補強する方法と、補強した壁体の復元力特性を解析的に評価する方法の提案を目的として行われた研究をまとめたものである。補強材料として高靱性繊維補強セメント複合材料

(ECC) やアラミド繊維補強ポリマー (AFRP) のシートを対象とし、それらを壁体の表面に塗布または貼り付けることによる補強効果を実験的に調べ、その効果を解析的に評価する方法を併せて検討している。

世界中には歴史的な文化遺産を含め、無補強組積造の建築物が多数存在している。近年の地震によって一般的な住宅や学校などの無補強組積造建築物の多くは地震に対して非常に脆弱であることが明らかとなっており、適切な耐震補強技術の提案が切望されている。

本論文では、まず、これまでに提案され一部実用化されている無補強組積造の補強方法について、精力的な比較研究が行われている。その結果、壁の表面から補強する方法が、美観上の問題から許されるなら、適用のしやすさやコストパフォーマンスの観点から最も適した方法であることを示している。また、補強材料は高い引張強度と変形能力を有するものが、それを適用したときに壁の面内方向のせん断強度や変形能力をより効果的に向上させると説明している。それらのうち ECC は無補強組積造の補強に大変有効と考えられる材料であるにも関わらず、組積造に適用した研究や事例がまだ少ないことから本論文の検討対象としている。また、繊維補強ポリマー (FRP) も無補強組積造の補強に効果的な材料の一つとして知られているが、FRP の高い性能を発揮する前に剥がれてしまうという問題点が認識されている。そのため、AFRP シートの端部に帯状の AFRP バンドを巻き付けて固定する方法を本論文で検討している。

次いで著者は、ECC や AFRP シートを無補強組積造壁体の表面に塗布または貼り付けた場合の力学特性を調べるために実験を行っている。実験の結果、ECC を壁体の両面に塗布した場合、せん断強度が無補強組積造壁体の約 3 倍になり、せん断変形能力が約 30 倍になることを明らかにしている。また、AFRP シートを壁体の両面に貼り付け、シートの端部に帯状の AFRP バンドを巻き付けた場合、せん断強度が無補強組積造壁体の約 1.5 倍になり、せん断変形能力が約 5 倍になることを明らかにしている。更に、AFRP シートの端部に帯状の AFRP バンドを巻き付けることによるシートの剥がれ防止効果が明瞭に確認されている。これらの成果は当該分野において初めて明らかにされたものである。

加えて、著者は ECC や AFRP シートで補強した組積造壁体の解析モデルを開発し、補強効果を評価している。ECC を塗布した壁体のせん断強度は、数値解析によらない単純せん断モデルを適用することで実験結果に近い解析結果が得られることを示している。また、AFRP シートを貼り付けた壁体のせん断強度は、シートが剥がれずに性能を発揮する限界ひずみ値から求める方法を利用するために、シートの厚さやバンドの有無に伴う限界ひずみ値の変化を明らかにしている。更に、ECC や AFRP シートで補

強した組積造壁体の解析モデルとして、組積造壁体の部分には各煉瓦とその周囲の目地モルタルを一つのユニットと考える単純マイクロモデルを適用し、ECC や AFRP シートで表面補強を行う部分には接着部分を含めた特性から完全弾塑性型の力学モデルを適用して、有限要素法解析を実施している。その結果、補強した壁体の弾性変形領域と初期の塑性変形領域における面内せん断力-せん断変形関係が解析的に再現できることを示している。この検討を通じて、ECC や AFRP シートで補強した組積造壁体の復元力特性を精度よく把握できる解析モデルが当該分野では初めて開発されており、今後、同モデルの利用や展開が期待できる。

以上要するに本論文は、無補強組積造の壁体を面内方向に補強する方法として、高靱性繊維補強セメント複合材料やアラミド繊維補強ポリマーのシートを壁体の表面に塗布または貼り付ける方法を提案し、それらが壁体のせん断変形能力の著しい向上をもたらすことを実験的に明らかにすると共に、せん断耐力の向上効果や、補強した壁体の弾性変形領域と初期の塑性変形領域での復元力特性を精度よく把握できる解析モデルを開発したもので、建築構造学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。

of various existent high-rise buildings subjected to extremely strong earthquake ground motions. In particular, we specifically incorporate the influences of  $P-\Delta$  effect and member deteriorations induced by local failure.

Six chapters are included in this dissertation, beside the Chapter 1 for introduction and Chapter 6 for summary and conclusions, the core of the thesis consists of two parts, Chapters 2~3 are expected to calibration the accuracy of unified constitutive models for concrete and steel members by incorporating strength and stiffness deteriorations. Chapter 4~5 focus on the seismic safety and collapse capacity of various existent high-rise buildings subjected to severe seismic excitation. Details of these four chapters are introduced below.

In Chapter 2, the unified constitutive models for steel and concrete fiber materials for fiber element analysis are developed or modified in accordance with the fully calibrated and recognized models as mentioned above. Due to the effects of geometric-nonlinear and material-nonlinear ought to be fully considered in the assessment of the seismic-resistant capacity and collapse behavior of high-rise buildings under severe seismic excitations. The unified constitutive models incorporating the strength and stiffness deteriorations of structural components are respectively quantified and evaluated on the basis of an extensive database of the experimental results on H-shaped steel members, hollow steel tubular members and concrete filled steel tubular members. Calibrated results in this chapter are expected to prove the feasibility and accuracy of such deteriorating constitutive models, and support the reliability of the dynamic analyses on the seismic-resistant capacity of various existent high-rise steel and concrete filled steel tubular buildings that tend to be conducted the Chapters 4~5.

In Chapter 3, a full-scale shaking table test of 4-story steel moment-resistant frames subjected to incremental earthquake loadings was used for the calibration of stress fiber model analysis employing the stress-strain models incorporating strength and stiffness deteriorations, in order to predict the collapse capacity of the steel frame under severe seismic excitation. An E-Defense shaking table test of a high-rise steel building subjected to long-period ground motions is also used for the validation of the unified constitutive model. In addition, a CFT frame

氏名（本 籍） 白 涌滔（中 国）  
 学位記番号 博士（工 学）人環博甲第 304 号  
 学位授与の日附 平成 25 年 9 月 24 日  
 学位論文題名 EVALUATION OF SEISMIC-RESISTANT CAPACITY OF EXISTENT HIGH-RISE BUILDINGS UNDER EXTREMELY STRONG EARTHQUAKE EXCITATIONS TAKING VARIOUS DETERIORATION EFFECTS  
 巨大地震動に対する多様な劣化効果を考慮した既存超高層建築物の耐震性能評価に関する研究

論文調査委員  
 （主 査） 九州大学 教授 河 野 昭 彦  
 （副 査） " " 蜷 川 利 彦  
 " " " 神 野 達 夫

#### 論文内容の要旨

The researches addressed in this thesis are mainly about the evaluation on the seismic-resistant capacity

specimen subjected to cyclic horizontal loadings with constant axial loading is also simulated. Although differences are included in the modelling of three dimensional frame specimen by two-dimensional plan frame model, the two dimensional frame models by adopting the unified constitutive models are reliably capable to predict the collapse and seismic responses of low-rise and high-rise steel and concrete filled steel tubular frame buildings.

In Chapter 4, the seismic-resistant capacity of existent high-rise steel buildings with various story levels subjected to long-period ground motions, near-fault ground motions and artificial ground motions are numerically investigated. The deterioration behavior of such building models is evaluated by using the unified constitutive models and taking the  $P-\Delta$  effect into account. The deterioration criteria are also quantified on the basis of maximum and residual story drift angles, structural component ductility and energy dissipation. Various high-rise building models incorporating and ignoring deterioration effect are compared with each other to further assess the safety margin until collapse. The  $P-\Delta$  effect and member deterioration have been proved very significantly influence the seismic-resistant capacity and collapse behaviour of high-rise steel buildings.

In Chapter 5, we replace the square hollow steel tubular columns in high-rise steel building with the associated square concrete filled steel tubular columns by equivalent flexural stiffness, in order to assess the seismic-resistant capacity of the existent high-rise concrete filled steel tubular building that is analogous to the associated high-rise steel buildings. Extreme earthquake waves with long-period ground motions (i.e. Art-Hachi) are selected because of the larger seismic responses have been obtained in Chapter 4. In comparison with the analogous high-rise steel buildings, the safety margin until collapse of concrete filled steel tubular building structures is assessed. Larger safety margin until collapse of high-rise CFT buildings than that of high-rise steel building is obtained.

Finally, summary and conclusive remarks of the findings in Chapter 2~5 are respectively achieved in Chapter 6. According to above achieved findings, by considering the influences of  $P-\Delta$  effect and strength and stiffness member deterioration effect, the existent high-rise buildings have higher probability of collapse

when under long-period ground motions and pulse-like ground motions, than under earthquake waves which are used in structural design so far.  $P-\Delta$  effect tends to reduce the seismic resistant capacity of the building with higher story level based on Uetani theory. Strength and stiffness member deterioration make the high-rise building suddenly collapse and reduce the safety margin until collapse of the high-rise buildings. Hence, the influences of  $P-\Delta$  effect and member deterioration effect should be incorporated not only for the seismic evaluation on various existent building structures, but also for the performance-based seismic design of new constructing building structures in the future.

### 論文調査の要旨

日本での超高層建築物の建設は 1970 年代から本格化した。一方、2003 年 9 月の十勝沖地震では、震央から 250km も離れた苫小牧市の石油タンクがスロッシング現象を起こした。これは長周期での共振現象であった。一般に地震の長周期成分は減衰が小さいため、震央から離れていても軟弱地層の厚い地盤は長周期の揺れが励起される。超高層建築物の固有周期も長周期であるため、これを契機に超高層建築物の共振も危惧されるようになった。また、近年、破壊力の強い直下型地震も想定されており、断層近傍の地震動は長周期のパルス状の波が想定されており、長周期パルス地震動と呼ばれる。ところが、これまで超高層建築物の設計で長周期地震動や長周期パルス地震動への配慮はなかったため、想定される地震動が巨大なこともあり、既存の超高層建築物の耐震性能評価は喫緊の課題となっている。

本論文は、典型的な既存超高層建築物が上述の巨大地震動を受けた場合の耐震性能を解析的に明らかにしている。解析は、建築物が倒壊するまでの挙動を追跡する必要があり、 $P-\Delta$  効果と部材の局部座屈等の局部損傷による耐力劣化の考慮が必須である。本論文では、 $P-\Delta$  効果は要素座標を移動座標系とすることで対応し、部材の局部損傷については独自の提案を行っている。つまり、単純ながら汎用性が高い統一的な構成則モデルを提案した上で、次に国内外の部材実験データを収集することによってデータベースを構築し、これに基づいて、構成則モデルの耐力劣化勾配等のパラメータの算定式を導出している。これを用いて既往の 4 層や 21 層の実大鉄骨骨組の振動台実験、および 3 層の CFT 骨組の繰り返し水平加力実験をシミュレーションし、骨組試験体の倒壊までの挙動を精度よく再現することに成功している。

本論文は、以上の解析を用いて、典型的な 20 層~40 層の既存鉄骨骨組モデルの動的応答解析を行っている。

入力地震波は、従来の設計用地震動のほか、長周期地震動と長周期パルス地震動である。また、地震動を段階的に増大させる IDA (Incremental Dynamic Analysis) も行っている。その結果、長周期地震動や長周期パルス地震動による骨組の応答は、最大地動速度 (PGV) が従来の設計用地震動と同程度であっても、設計クライテリアを大幅に超える場合があることを明らかにし、超高層建築物の設計に長周期地震動等の検討が欠かせないことを立証している。また、P $\Delta$ 効果は低層部に残留変形が集中する現象を惹起し、それは層数が多いほど、地震動が強いほど著しいことを明らかにした。本論文では、IDAにおいて設計用地震動の PGV に対する骨組の倒壊時の PGV の比率を安全余裕度と定義し、新たな設計指標としている。構成部材が局部損傷後に急激に耐力を喪失する場合、つまり部材の靱性が乏しい場合は骨組の安全余裕度が小さく、骨組は突然安定性を失うこと、逆に構成部材の靱性を高めれば、骨組の安全余裕度と安定性が高められることを明らかにした。さらに、CFT 骨組についても同様な耐震性能評価を行い、鉄骨骨組より安全余裕度が高いことを明らかにした。さらに、地震動の強さによって骨組の崩壊メカニズムが変化することを明らかにし、IDA による安全余裕度の検証を行うことを提言している。

以上要するに、本論文は、P $\Delta$ 効果を考慮すると共に、部材の局部損傷による耐力劣化を精度よく解析できる構成則モデルを提案し、これを用いて既存の鉄骨造と CFT 造の超高層建築物について、その年代では考慮されなかった長周期地震動等に対する耐震性能評価を行い、長周期地震動等への配慮が不可欠であることを明らかにすると共に、新たな指標として安全余裕度を導入し、超高層建築物の耐震性能をより適切に評価する方法を提案したもので、建築構造学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。

氏名(本籍) 岡寺 良(新潟県)  
学位記番号 博士(人間環境学)工博甲第305号  
学位授与の日付 平成25年9月24日  
学位論文題名 北部九州戦国期城館の平面構造に関する研究

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 堀 賀 貴  
(副査) " " 竹下 輝 和  
" " 准教授 辻 田 淳一郎

#### 論文内容の要旨

日本各地には3~4万とも言われる膨大な数の戦国時

代の山城・居館(まとめて城館という)が残されている。これらは各地域の戦国時代の様相を語る上では非常に重要な資料であるが、その大半は発掘調査等の本格的な調査が行われておらず、発掘成果のみではデータが不十分であるという現状がある。

本稿では、この城館という重要な資料を戦国時代の地域史解明につなげるため、発掘調査を行わずとも、縄張り図(城郭平面図)作成の手法を中心とした「城館研究(縄張り研究)」という研究方法によって、山城を読み解き、北部九州における戦国期城館の構造の解明を目的とする。また、昨今の全国的な城館の研究状況に鑑み、戦国期城館群の解明に必要な類型化とモデルを提示することも目的とした。

論文は、「総論篇」と「各論篇」の2篇からなる。本論を記述した「総論篇」は、概要を述べる「はじめに」に始まり、北部九州戦国期城館の調査・研究の現状と課題について言及した「第1部」、北部九州戦国期城館群の様相と構成を探る実証研究を行った「第2部」、結論を述べる「おわりに」で構成される。「各論篇」は、煩雑を避けるため、本旨とは直接関連性が薄い、本論を説明する上で必要不可欠な福岡県内の城館遺跡一覧、個々の城館の詳細検討、引用文書史料などについて詳述し、総論篇から参照できるように構成したものである。以下、本旨に関わる総論篇の概要を述べる。

まず、第1部では「北部九州戦国期城館の調査・研究の現状と課題」と題し、戦国期城館の調査方法として、縄張り調査・測量調査・発掘調査の調査方法とそれぞれの特質を述べて城館調査のあり方について述べた。さらに福岡県内を調査対象とし、県内の全中近世城館がどれだけ所在・分布し、さらには現段階においてどこまで調査が進んでいるかを明らかにし、今後の調査の方向性について提示した。県内を筑前・筑後・豊前地域の3つに分けて比較検討した結果、筑前地域は城館数が多いが、縄張り調査された数も比較的多く、研究者個人による活動により、地域全体の様相が明らかになりつつある地域と判明した。一方、筑後地域は逆に城館数が少ないにもかかわらず、調査対象が主要城館のみに偏在しており、今後の調査・研究が最も必要とされる地域と判明した。そして豊前地域は、筑前地域のように研究者個人による活動に加え、行政による発掘調査・総合調査が比較的行われている地域であるとわかり、各地域において調査・研究状況は必ずしも様ではないと言えた。この状況を打破し、全県的な状況を明らかにするには、縄張り調査を基本とするさらなる県下の悉皆的な調査を行い、県内遺跡の実態の把握を進めるべきである状況が明らかとなった。

第2部では「北部九州戦国期城館群の様相と構成」として、第1部を受ける形で、福岡県内の戦国期城館の内、

国人領主秋月氏の城館を対象として検討を行った。秋月氏の各城館について縄張り調査によって平面構造を明らかにし、それらの平面構造から、城館群の類型化を行うことで支配領域内の城館構成を明らかにし、北部九州における戦国期国人領主の城館構成のモデル化をはかった。

すなわち秋月氏に関連する個々の城館の縄張り構造(平面構造)について、縄張り図を基に検討を行い、次の結論を得た。秋月氏の支配下にある城館の中でも、畝状空堀群を備える城館の分布域を見ると、「本城(御隠居城含む)」あるいはそれに近く、密接な関係にあったと考えられる城館と、支配領域の「境目」領域に当たる城館のみに認められた。これは裏を返せばそれら以外の城館、たとえば、本拠地と「境目」領域との中間領域にあるような城館には、畝状空堀群は確認できない。このことは、防衛戦略上において、まず、いわゆる「最後の砦」となる本拠地たる「本城」と、外部勢力との武力衝突が最初に想定される「境目」領域の城館を最重要視し、その城館に対して優先的に畝状空堀群の敷設・改修を行ったものとみて、秋月氏の支配領域の防衛を核とした城館構成のあり方についてモデル化を行った。

しかし、秋月氏以外の周辺地域における畝状空堀群を備えた城館の分布を見ると、畝状空堀群が必ずしも秋月氏の城館にのみ見られるものではなく、先のモデルの妥当性に疑義が生じてきたため、改めて周辺地域の城館の中でも技巧的な畝状空堀群を持つ城館、すなわち空堀の本数が多いばかりではなく、横堀と組み合わせて曲輪群を一体的に防御するようなものの分布を見た。その結果、秋月氏と同盟関係にあるような勢力の城館がほとんどであり、秋月氏が敵対勢力として見なした豊臣勢力に対する構えによる結果と想定された。

以上より、秋月氏の城館構成について周辺の同盟勢力の城館も含めたモデルを新たに設定した。これが本稿の結論である。昨今の城館研究では、まずは特定地域の城館構成モデルの提示を行うのが最重要課題となっている状況において、本稿では「秋月氏の城館構成モデル」の提示を行うことで、城館研究における一つの課題に対して回答を投げかけ、城館研究の進展を一つ進めた形となる。

また、本研究の成果は、単独の国人領主の戦国期における政治的動向を明らかにするばかりではなく、他の領主事例についても、相互の比較検討を行いうる研究モデルの提示にもつながる。城館を単なる中世武家領主の軍事的拠点のみとして理解するばかりではなく、中世の在地における領主支配の実像を探る上で、文献史料に勝るとも劣らない「資料」としての学問的価値を明らかにしたといえよう。

## 論文調査の要旨

本論文は、自本各地に残される3~4万とも言われる膨大な数の戦国時代の山城・居館(まとめて城館)のうち、特に北部九州について戦国時代の地域史解明を目的とし、発掘調査を行わずとも、縄張り図(城郭平面図)の作成による「城館研究(縄張り研究)」という手法によって戦国期城館群の平面構造の把握が可能であることを示し、さらに城館構成モデルの提示によって中世の在地における領主支配の実像を現らかにしている。

論文は、「総論篇」と「各論篇」の2篇からなり、「総論篇、第1部」では、まず北部九州戦国期城館の調査・研究の現状と課題について、縄張り調査・測量調査・発掘調査の調査方法とそれぞれの特質を述べた上で、縄張り調査による精緻かつ明確な図面が資料としてもつ有用性、また短期間に多数の実例を精査できる優位性が示される。次に福岡県を三地域に分けて中近世城館の所在・分布、さらに現段階における調査方法の適用状況を比較検討している。筑前地域では城館数そのものが多く、したがって縄張り調査された例も比較的多く、地域全体の様相が明らかになりつつあるのに対し、筑後地域では城館数が少なく調査対象が主要城館のみに偏在する。一方、豊前地域では、行政による発掘調査・総合調査が主流であり数は少ない。各地域において調査・研究状況は必ずしも一様ではなく、縄張り調査を基本とするさらなる県下の悉皆的な語査の必要性を指摘している。「同・第2部」では国人領主秋月氏の城館を対象として考察を進め、各城館の平面構造を明らかにした上で、城館群の類型化により北部九州における戦国期国人領主の城館構成のモデル化を試みている。秋月氏の支記下にある城館の中でも、畝状空堀群を備える城館の分布域に注目すると、それらは「本城(御隠居城含む)」あるいはそれに近く、密接な関係にあったと考えられる城館と、支配領域の「境目」領域に当たる城館のみであること、これら以外、例えば本拠地と「境目」領域との中間領域にあるような城館には、畝状空堀群は確認できないことを指摘している。防衛戦略上において本拠地たる「本城」と、外部勢力との武力衝突が最初に想定される「境目」領域の城館における優先的な畝状空堀群の敷設・改修を明らかにしている。さらに秋月氏と同盟関係にあるような勢力の城館にも、空堀の本数が多く横堀と組み合わせて曲輪群を一体的に防御する技巧的な畝状空堀群を持つ城館が分布することを示して、秋月氏を中心とした同盟勢力が敵対勢力として見なした豊臣勢力に対する構えとして畝状空堀群を解釈している。「各論篇」では、「総論」とは直接関連性が薄いですが、本論を説明する上で必要不可欠な福岡県内の城館遺跡一覧、個々の城館の詳細検討、引用文書史料などについて詳述し、総論篇から参照できるように構成している。

以上より、秋月氏の城館構成について周辺の同盟勢力の城館も含めたモデルを新たに設定し、中世武家領主の軍事的拠点としての城館について、国人領主の戦国期における政治的動向を通じて中世の在地における領主支配の実像を探る新たな資料としての価値を与えている。また文献史学との連携を視野に入れた今後の展開および発展性への期待も含めて、その学問的価値は非常に高く評価でき、日本建築・都市史に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(人間環境学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 劉暢達(中国)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第306号  
学位授与の日付 平成25年11月30日  
学位論文題名 送電用鉄塔の電線張力荷重に及ぼす吹上風の影響に関する研究  
論文調査委員  
(主査) 九州大学 教授 前田潤滋  
(副査) " " 神野達夫  
" " 河野昭彦

#### 論文内容の要旨

台風などの強風により送電設備が強風被害を受けた場合、設備損傷だけではなく、設備損傷に伴ってライフラインが停止することにより社会的に甚大な被害をもたらす。多くの調査報告によれば、強風被害を受けた送電鉄塔の多くは島嶼部や山岳部などの特殊地形上に位置しており、これらの被害発生には地形効果による風の増幅や風の乱れ、あるいは風の向きに対する送電鉄塔の変形挙動予測の不十分さが大きく影響したことが多い。日本や中国における現行の送電鉄塔設計規準や指針は動的耐風設計法に移行しつつあるが、風の変動に対する送電鉄塔の動的応答特性や自然風の持つ構造特性にはまだ多くの課題が残されている。

そのような状況において、強風時の鉄塔-電線連成系の風応答に関する研究報告や耐風設計のための多くの指針等は、風が水平面に対して平行に吹くという仮定に基づいている。しかしながら、傾斜地や尾根などの地形上に建設される送電用鉄塔間をつなぐ送電線には、この仮定は一般に成立しない。そのような地形での地表面上では、風は水平面に対してある角度を持つため、風荷重は吹上風による上向きの外力成分を有し、場合によっては電線を持ち上げて、鉄塔に作用する電線張力のバランスを阻

害し、その結果、鉄塔-電線の連成系そのものの動的特性にも大きな影響を及ぼすと考えられる。実際に、そのような地形に建つ送電鉄塔において設計風荷重以下で電線間の短絡事故や電線張力のアンバランスによる鉄塔の損傷事故が発生している。

本論文は、鉄塔-電線連成系の応答性状に及ぼす吹上風の影響を解明したもので、以下の6章で構成し、取り纏めた。

第1章では、本研究の背景として、中国国内の電力輸送設備の状況、内外のいくつかの送電用鉄塔の耐風設計法における風荷重の基本的考え方、および送電線張力に関する既往の研究の概要を整理し、本研究の位置づけを述べた。

第2章では、50万ボルトの実機鉄塔を参考にして、鉄塔の両径間長が等しい1基2径間の懸垂型および耐張型の鉄塔-電線連成系を模擬したモデルを用い、 $0^{\circ}$ ~ $30^{\circ}$ までの吹上角を持つ吹上風が電線を支持する懸垂罫子の接合部変位や鉄塔-電線連成系の動特性に与える影響を明らかにした。なお、本研究では、電線の平均風速に対する静的釣り合い位置までを幾何学的非線形解析で、釣り合い位置からの変動風速に対する振動成分を線形手法で算出した。その結果、懸垂鉄塔では吹上角の増加に伴い、電線の線路方向及び線路直角方向においても懸垂罫子下端の変位及び罫子連の風向方向への傾斜角が水平風のみより増大することを定量的に示した。また、吹上角の増大に伴い、懸垂型および耐張型の鉄塔腕金端部での電線張力が減少し、電線部の幾何学的剛性の低下を導くことを連成系の振動特性の変化を示すことによって明らかにした。

第3章では、鉄塔の両径間長が等しくない電線路に作用する吹上風に着目し、このような状況下での鉄塔に作用する送電線不平均張力の変化が鉄塔の変形挙動に及ぼす影響を幾何学的非線形解析によって明らかにした。ここでは、特に吹上風の影響を抽出しやすいように、中央の鉄塔を梁モデルに置換し、送電線を1条として、1基2径間の単純モデルを作成して、吹上角の増加に伴う、送電線中央点の横振れ角の増大特性を算出した。その結果、両側径間に一様分布の静的水平風を作用させた状態で、吹上風を片側径間にのみ作用させると、径間長差の大小にかかわらず、吹上角の増加に伴う不平均張力荷重は顕著に増大することを示した。さらに風速変動がある場合

には、不平均張力の最大値は静的解析値より極めて大きくなるが、風速増加に伴う電線の幾何学的剛性の増大が不平均張力のガスト影響係数を小さくすることがわかった。

第4章では、3章と同じ1基2径間ではあるが、鉄塔の両径間長が等しい電線路の単純モデルを用いて、老い番側に電線の支持点高低差を与えた場合の不平均張力の変化を検証し、強風下で発生する不平均張力の静的および動的特性を以下のように明らかにした。すなわち、電線支持点高低差がある場合には、片側径間にのみ吹上風の作用が不平均張力をより大きくする場合があること、また風速変動を伴って平均風速値を大きくすると、電線張力の最大値そのものは静的風荷重時より極めて大きくなるが、不平均張力の増大あるいは減少は必ずしも風速に対して正の相関関係にないこと、などを明らかにした。

第5章では、台風通過時の強風観測記録をもとに実地形上の吹上風の分布を風況シミュレーションによって作成し、4基5径間の実機鉄塔-電線連成系の動的応答解析を実施することで、鉄塔の変形性状に及ぼす吹上風の影響を総合的に比較検証した。その結果、吹上風の存在が必ずしも4基すべての鉄塔の不平均張力および変形量を増大させないが、鉄塔周辺の風の吹上風の分布状況によっては、特定の鉄塔の不平均張力荷重に強く影響して最大変形を増大させることを明らかにするなど、現行の設計手順に吹上風の影響を取り入れる重要性を示した。

第6章では、本論文の総括と今後の展望を述べた。

## 論文調査の要旨

本論文は、鉄塔や送電線に上向きの外力として作用する吹上風に着目したもので、強風時での鉄塔-送電線連成系の変形挙動に及ぼす吹上風荷重の影響を解明し、以下の知見を提供している。

まず著者は、内外のいくつかの送電用鉄塔の耐風設計法における風荷重の基本的考え方と送電線張力に関する既往の研究を概説し、吹上風に関する本研究の論点を整理している。すなわち、傾斜地や尾根などの地形上では、地表面から高さ数十メートルの範囲まで風は水平面に対してある角度を持つことが知られているにもかかわらず、鉄塔-送電線連成系の強風応答に関する研究報告や耐風設計のための多くの指針等は、この吹上風を負荷荷重として考慮しておらず、鉄塔と送電線の連成系の変形挙動への影響について解明が進んでいないなどを指摘してい

る。

次いで、両径間長が等しい1基2径間の懸垂型および耐張型の鉄塔と送電線をモデル化した50万ボルト鉄塔-送電線系の直交方向に水平風と共に $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ までの吹上角を持つ吹上風を作用させて、電線を支持する懸垂碍子の接合部変位や鉄塔-電線連成系の動特性に与える影響を検証した。なお、本研究では、平均風速に対する送電線の静的釣り合い位置までを有限要素幾何学的非線形解析で、また釣り合い位置からの変動風速に対する振動成分を線形計算で算出する手順を使用している。その結果、懸垂鉄塔では吹上角の増加に伴い、電線の線路方向及び線路直角方向においても懸垂碍子下端の変位および碍子連の風向方向への傾斜角が水平風のみの時より増大することを定量的に示した。また、吹上角の増大に伴い、懸垂型および耐張型の鉄塔腕金端部での電線張力が減少し、電線部の幾何学的剛性の低下を導くことを連成系の振動特性の変化を示すことによって明らかにした。

さらに、鉄塔の両径間長差と電線の支持高さの相違が及ぼす影響に着目して以下のように取り纏めている。ここでは、特に吹上風の影響を抽出しやすいように、中央の鉄塔を梁モデルに置換し、送電線を1条として作成した1基2径間の単純モデルを使用した。その結果、両側径間に一様分布の静的水平風を作用させた状態で、吹上風を片側径間にのみ作用させると、径間長差の大小にかかわらず、吹上角の増加に伴う不平均張力荷重は顕著に増大すること、風速変動がある場合には、不平均張力の最大値は静的解析値より極めて大きくなるが、風速増加に伴う電線の幾何学的剛性の増大が不平均張力のガスト影響係数を小さくすることなどが示した。また、鉄塔の両径間長が等しくても、老番側送電線との支持点高低差を与えた場合には、片側径間にのみ吹上風の作用が不平均張力をより大きくする場合があること、風速変動を伴って平均風速値を大きくすると、電線張力の最大値そのものは静的風荷重時より極めて大きくなるが、不平均張力の増大あるいは減少が必ずしも風速の大きさに対して正の相関関係にないこと、などを明らかにした。

最後に、実地形上の吹上風の分布を数値流体計算によってシミュレートして、4基5径間の実機鉄塔-送電線連成系の強風応答解析を実施することで、鉄塔の変形性状に及ぼす吹上風の影響を総合的に比較検証した。その結果、鉄塔周辺の吹上風の分布状況によっては、不平均張

力荷重に強く影響して鉄塔の変形が増大することを提示して、現行の設計法に対する吹上風の影響に関する重要な情報を提供している。

以上要するに、本研究は、鉄塔—送電線連成系の強風時変形挙動において、水平風と共に吹上風の影響を鉄塔両側の径間長差や送電線支持点高低差などの種々パラメータを組み合わせて解明し、送電鉄塔の負荷荷重に関する新たな知見を取り纏めたもので、風工学および都市災害管理学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 志波 文彦 (福岡県)  
学位記番号 博士(工学) 人環博乙第 65 号  
学位授与の日附 平成 26 年 3 月 25 日  
学位論文題名 RC 造学校建築の施設マネジメント手法に関する研究

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 竹 下 輝 和  
(副査) " " 堀 賀 貴  
" " " 菊 地 成 朋

#### 論文内容の要旨

戦後、わが国の学校建築は防災・不燃化を目的にその大半が RC 化され、高度経済成長期と第二次ベビーブームの到来により急増する児童生徒数に対応して大量供給が行なわれた。一時期に集中して建設されたこれらの RC 造学校建築は一斉に更新時期を迎えようとしている。

一般に建築物の更新は棟を単位として行われ、その建設時期に応じた適切な耐用期間の設定により行われるとされるが、既存の学校施設の多くが、建設後も児童生徒数の変化に応じた校舎の増改築が繰り返され、屋内運動場(以下、屋体)などの付属施設は校舎と異なる体制で整備が進められてきたために、敷地内に異なる建設時期の建物が混在しており更新時期の設定が複雑かつ困難になっている。これに対し、多くの自治体では更新を意図した基礎的な情報管理すら十分には行われておらず、その運営も問題が顕在化した後に行なわれるといった対処療法的なものも多く、無秩序な増改築や短期間での建替え等を招いているといった実態がある。

従前のように更新対象の学校が年間数校であれば、問題が顕在化した後の個別対応も可能であろう。しかしながら、集中する大量の学校施設の更新にはこのような対処療法的な対応では限界がある。そしてその解決には、更新を意図した施設整備情報の統合と中・長期的な見通しによる計画的・効果的な事業計画の策定を可能とする

計画技術の構築が求められるといえる。

そこで本研究は F 市を対象として、中・長期的な視点に基づく学校施設の管理・運営方式の確立を可能とする建築計画的知見を得ることを目的に、学校施設の更新を行う上で課題となる指標の抽出と事業規模平準化のシミュレーション、統廃合における施設整備の実態と課題を明らかにした。

第 1 章では、高度経済成長期に大量供給された RC 造の学校建築が今後一斉に更新時期を迎えることに対し、従前の改築中心の対処療法的な施設整備の手法を改め、改修中心の中・長期的な視点に基づく学校施設の管理・運営手法の確立を行う必要があることを提起し、その実現のための論の構成を示した。

第 2 章では、まず F 市の学校施設が抱える更新期の課題について明らかにした上で、集中化・偏在化する更新事業の規模の平準化に必要な方策の検討を行い、これをもとに研究のフレームワークを設定した。次に、学校施設の耐久性、建設時期、改修履歴に着目し、各課題における整備実態の分析を行った上で、これをもとに効果的・計画的な事業規模の平準化を可能とする方策の検討を行った。特に、学校施設の耐久性に関わる課題については、コンクリート圧縮強度及び中性化深さについて分析を行い、これをもとに更新時期の検討において緊急な対応を要し優先的な更新時期の設定が必要となる学校の抽出を行った。さらに、校舎、屋体、柔剣道場・技術棟といった建物区分別に建設時期の特徴と分布を明らかにし、これをもとに各学校の更新時期を設定する上で基準となる時期の検討を行った。また、これらの建物における異なる耐震基準の混在の様態を明らかにし、更新手法検討の際の優先度に関する指標を得た。加えて、調査対象校における改修履歴の有無と内訳、建物内での分布を明らかにすることで、更新手法検討の際の利用限界に関する指標を得た。以上をもとに、F 市の学校施設の更新時期の集中化に対する対応とその計画課題についての考察を行った。

第 3 章では、前章において明らかになった F 市の学校施設の更新時期の集中化に対する対応とその計画課題をもとに、まず RC 造の学校施設の処分制限期間、鉄筋コンクリート造建築物の寿命、F 市アセットマネジメントをもとに、耐用年数の考え方を整理し、採用する標準的な更新年数を設定した。また、更新事業全体の開始から完了までの期間を更新サイクルと定義し、これを更新事業の対象となる全建物の適切な更新計画が遂行できるように設定した。次に、この耐用年数と更新サイクルをもとに、各調査対象校の更新時期を、建物区分別の建設時期の分布に応じた集約化により設定した。その上で、前章で検討した緊急措置が必要な建物の更新時期の前倒しや建設時期の分布に応じた更新時期の前倒しと先送りの設

定、さらなる事業規模平準化のための長寿命化といった事業全体の更新パターンを設定を行った。これらの設定をもとに、計画的な施設更新を行うための標準的な更新パターンによる事業規模の平準化と、より効果的な施設更新を行うための長寿命化によるさらなる平準化を行った。以上のように更新事業規模のシミュレーションを行うことで、更新計画における事業規模の平準化と年度間格差の是正のための手法の提案と検証を行った。

第4章では、前章において検討を行った更新事業全体の規模適正化を行うため、まずF市における学校規模適正化の取り組みの背景となる課題の分析を行った。また、F市における過去15年間の学級数の推移をもとに、中・長期的な視点による更新計画の策定において検討すべき課題の抽出を行った。次に、小規模校の統廃合による施設一体型小中一貫・連携校の整備について、全国の先進事例を対象にケーススタディを行うことで、施設一体型小中一貫・連携校整備の際の計画課題を明らかにした。これをもとに統廃合が進められるF市のMブロックを対象にケーススタディを行うことで、F市の都心部における小・中学校の統廃合の実態と施設整備上の計画課題を明らかにした。以上より、更新期における事業規模の縮減の手法として考えられる学校規模適正化による取り組みと、それに伴い発生する小規模校の統廃合における施設整備上の課題についての検討を行った。

第5章では、第2～4章までの総括を行うとともに、中・長期的な視点に基づく学校施設の管理・運営手法の確立に向けた今後の課題について考察を行った。

## 論文調査の要旨

本研究は、今後一斉に更新期を迎えるRC造学校建築に対し、一つの自治体をモデルとした詳細な事例分析をもとに更新期の施設整備における計画課題の抽出を行った上で、事業規模平準化のためのシミュレーションモデルを検証し、更新期の施設整備の詳細な分析を行い、施設マネジメント手法を提案したものである。

具体的には、F市の学校建築の更新時期の集中化に対する計画課題について、大規模かつ詳細な悉皆調査をもとに考察し、集中化及び偏在化する更新事業規模を平準化するためには、学校建築の耐久性、建設時期、改修履歴に関する整理と分析が極めて重要な計画課題であることを明らかにしている。特に、耐久性に関する問題については、コンクリート圧縮強度及び中性化の深さについて詳細な分析を行い、更新時期については緊急な対応を要する学校施設の存在とその対処法を提示している。また、校舎、屋体、柔剣道場・技術棟といった棟単位の建物区分別の建設時期の特徴と分布を明らかにし、これらをもとに各学校の更新時期を設定する上で技術基準となる期

間を明確に提示している。併せて、これらの建物における異なる耐震基準の混在の様態や改修履歴の有無とその内訳、建物内での分布を明らかにし、更新手法を検討する際の優先度や利用限界に関する指標を得ている。

次に、前述の計画課題や指標をもとに、建設ピーク期の事業規模の平準化と年度間格差の是正のための方法を提案し、中・長期的な視点から独自のシミュレーションを行っている。特に、建物のライフサイクルを検討する上では、数値設定が必須であるため、その根拠となる耐用年数の考え方について考察し、RC造建築物の物理的寿命や減価償却期間、政策上の数値目標等を総合的観点より整理し、施設更新の際に採用すべききわめて現実的な更新期間を提起している。次に、各調査対象校の更新時期の集約化、緊急措置が必要な建物への対応、並びに更新時期の前倒しと先送り、施設の長寿命化等による事業規模の変化を検証し、採用した施設マネジメント手法の有効性を実証している。

次いで、これらの平準化を試みた事業規模そのものの適正化を図ることを目的に、F市における児童生徒数の動態及び学校規模適正化の取り組みに着目し、学校規模の推移傾向別の対策を考察するとともに、統廃合による新たな施設計画のあり方を明らかにしている。とりわけ、学校規模の問題については校区間で生じる学校規模のアンバランスを指摘した上で、F市における過去15年間の学級数の推移をもとにした将来予測によって、施設更新期における学校規模の推移傾向別の計画課題とその対策を提示するとともに、F市内で統廃合が進められるMブロックを対象に詳細なケーススタディを行い、F市の都心部における小・中学校の統廃合の実態と施設整備上の計画課題を明らかにしている。さらに、導入が検討された施設一体型小中一貫・連携校のあり方についても、全国の先進事例を対象にケーススタディを行って、施設整備の計画課題を指摘している。これらの研究成果は、Mブロックにおける新たな施設整備における計画指針として実際に活用されており、価値ある研究成果となっている。

以上、本研究は対処療法的な事例が散見されるわが国の公共施設の整備手法に対し、中・長期的な見通しによる計画的・効率的な事業計画を可能とする知見を得るものであり、価値ある業績といえる。また、その成果はこれまで建築計画学研究が行ってきたビルディングタイプのプランニングに対する計画論から、建物群を対象にした施設マネジメントに対する新しい計画論のあり方を示すものであり、建築計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 志賀 勉 (香川県)  
学位記番号 博士(人間環境学)人環博乙第66号  
学位授与の日付 平成26年3月25日  
学位論文題名 密集住宅市街地における地域主体の  
まちづくり手法に関する研究

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 竹下 輝 和  
(副査) " " 堀 賀 貴  
" " " 菊地 成 朋

#### 論文内容の要旨

密集住宅市街地におけるまちづくりでは、地域空間の整備とともに地域社会の再生をいかに図るかが重要であり、地域の実情を踏まえて空間整備と社会再生の取り組みをコーディネートし相互の連動を図るまちづくり手法が求められる。一方、産業構造の変化や人口減少による市街地の空洞化が進行する都市縮減期を迎えた地域では近年、まちづくりの対象、主体、手段それぞれに新たな課題を生じている。その第一は、対象となる市街地の密度低下と管理不全による住環境悪化の問題であり、これに対しては市街地の住環境の動向を地区レベルで監視し、対策に反映する仕組みづくりが求められる。第二は、行政主導型から協働型へのまちづくり主体の転換に伴う課題であり、空洞化の進行する地域では、民官の役割分担や地域主体のまちづくり機能の強化策について検討が必要である。第三は、手段となる住環境整備事業の適合性の問題であり、従来の開発整備型の事業手法の他に、住環境の保全整備を重視した小さな改善の積み重ねによる手法の構築が求められる。

以上の問題意識から本研究は、都市縮減期を迎えた地方大都市である北九州市を対象とし、居住密度の低下と住宅や宅地の管理不全によって住環境が悪化する密集住宅市街地の実態と動向の解明と、町内会やまちづくり協議会などの地域主体による住環境の自主管理活動を基礎とするまちづくり手法の構築を目的としている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的及び方法について述べた。

第2章では、平松・鋳物師地区住環境整備事業を対象とし、事業関連資料や研究資料をもとに事業過程を通観し、密集住宅市街地のまちづくりにおける空間整備と社会再生との連動のあり方について考察した。その結果、当地区のまちづくりプロセスは、住民・行政・専門家のパートナーシップのもと、まち全体や住宅・施設の整備計画から整備後の住民の集団形成や活動増進に及び取り組みが事業段階に応じてコーディネートされたことで、空間整備と社会再生との連動を果たしたことを示した。また、住環境整備事業の住民参加が従来、計画ワークショップなど事業初期から事業前期の取り組みに力点が

置かれるのに対し、事業後の自立的な地域運営を誘導するには事業後期以降に本格化する住民活動への支援が重要であることを指摘した。

第3章では、住環境GISデータベースを構築して北九州市の市街地の住環境評価を町丁単位で行い、木造住宅が密集し防災面の問題が大きい課題地区を抽出し、その住環境特性と住宅更新の動向を捉えて改善課題について考察した。その結果、課題地区は立地条件や形成過程によって住環境特性が異なるが、大半の地区では居住密度が低下する一方で接道不良住宅の建替えや滅失が進まず、特に、道路基盤が弱い斜面地区では住宅ストックの劣化による住環境の悪化問題が深刻化する恐れがあることを指摘した。

第4章では、既存住宅地における居住密度の低下と管理状態の不健全化が進行する現象を「居住収縮」現象と定義し、第3章で抽出した課題地区を含む八幡東区枝光一区を対象に調査と分析を行い、居住収縮の進行する斜面密集市街地の居住動態と住環境変容について明らかにした。

まず、住宅・宅地の物的状態と住民意識から、居住収縮の進行状態は空家や空宅地の発生量よりもそれらの転用状況や劣化状態によって特徴づけられることを明らかにし、高所で道路条件の劣る山手や中腹で居住収縮が顕著なエリアを確認した。また、住環境の悪化に対して借家世帯は敏感で住替え意向が増すのに対し、持家世帯は定住意向が強く、不満が潜在化することがわかった。

次に、空家・空宅地の管理や利活用について、菜園への用途転換と飛び地利用に注目して分析し、菜園利用は住民の趣味や交流の場を形成するとともに、立地の悪い空宅地の管理を促す効果があること、また、土地所有者も宅地の管理策として営利を求めていることを明らかにした。あわせて、利用者の高齢化や宅地擁壁の崩壊防止などの課題も指摘した。

続いて、地区の住宅・宅地・世帯の情報を統合した住環境GISデータベースを構築し、2003～2008年の5年間の居住収縮の進展について分析した。期間中の空家の動態は、滅失棟数の約2倍が新たに発生して空家の総量が増え、また、借家の方が持家よりも空家化の進行が速いことがわかった。エリア別では、山手や中腹でも住宅需要はあるが、接道条件のよい空家を中心に入居や転用がなされ、他の空家は累積して劣化が進んでいることを明らかにした。

さらに、空家増加の主要因である高齢単身世帯の不在住化に注目し、1995～2010年に在住した高齢単身世帯の動態を分析した結果、近年、長寿化や在宅福祉サービスの進展によって死亡や転居による不在住化が減り、高齢で入院・入所する世帯が増加していることを明らかにした。その場合、持家では家財道具を置いた一時空家と

して利活用が留保されることが多く、利便性が高いエリアほどこの傾向が強いことがわかった。

第5章では、地域主体のまちづくり手法として「住環境点検・改善プログラム」を提案し、枝光一区での実践プロセスを通じ、住環境問題に対する住民関心と問題箇所の改善活動の実態、活動に対する住民評価を捉え、プログラムの効果を検証した。その結果、本プログラムは、地域主体が既に行っている活動の中に見いだせる住環境管理に繋がる取り組みをプロジェクトとして位置づけ、それらの連携や内容の工夫及び新規プロジェクトの創出を行うことで、既存のプロジェクトを補強して自主的な改善行動を活性化できることを示し、本プログラムの有効性を明らかにした。

第6章では、本論文の総括と今後の課題を述べた。

### 論文調査の要旨

急激な都市化時代に形成された密集住宅市街地の改善は、わが国の都市・住宅政策における積年の課題であり、建築計画学及び都市計画学の分野でも多くの研究蓄積がみられる。しかしながら、まちづくり実践において常に問われる、地域空間の整備と地域社会の再生をいかに連動させるかというマネジメント問題について、長期に渡る実践プロセスと関連づけて考察したものはまだ少ない。一方、都市縮減期を迎えた今日、特に地方大都市の密集住宅市街地では、居住密度の低下と住宅・宅地の管理不全による住環境の悪化問題にいかに対処するかが緊急の課題となっている。これまでの行政主導型から協働型へのまちづくり主体の移行や、開発整備型から保全整備型への空間整備手法の転換が求められており、これらに対応した新たなまちづくり手法の構築が急務の課題と言える。

本研究は、都市縮減期を迎えた地方大都市である北九州市を対象とする長期の定点調査に基づき、居住密度の低下と住宅や宅地の管理不全によって住環境が悪化する密集住宅市街地の実態と動向を解明するとともに、町内会やまちづくり協議会などの地域主体による住環境の自主管理活動を基礎とするまちづくり手法を長期に実践し、その効果を検証したものである。

筆者はまず、平松・鋳物師地区住環境整備事業を対象とし、事業関連資料や研究資料をもとに事業過程を通観して空間整備と社会再生との連動のあり方について考察している。住環境整備事業の住民参加が、従来、整備計画の策定段階や住宅・施設的设计段階で行われる公聴会やワークショップなどに力点が置かれるのに対し、整備後のまちや施設の住民自主管理を誘導するには住宅・施設の供用開始後に本格化する住民活動への支援が重要であることを指摘している。

次いで筆者は、GIS データベースを構築して北九州市

の市街地の住環境評価を行い、斜面密集市街地において居住収縮による住環境悪化が進行していることを指摘した上で、八幡東区枝光一区を対象に長期の定点調査を行い、住宅・宅地の利用行動や管理状態がどう変化し、住環境にどう影響するのかについて分析している。この結果、住宅地レベルでは、居住収縮の進行状態は空家や空宅地の発生量よりもそれらの転用状況や劣化状態によって特徴づけられること、また、居住収縮の進行する山手や中腹エリアでも接道条件のよい空家の多くは利活用され、他の空家は累積して劣化が進むことを明らかにしている。画地レベルでは、空家・空宅地の用途転換と飛び地利用、高齢単身世帯の居住動態と住宅継承の特徴を明らかにしている。

また筆者は、地域主体のまちづくり手法として点検地図づくりを基礎とする「住環境点検・改善プログラム」を提案し、北九州市枝光一区での民学協働実践を行い、住環境問題に対する住民の関心と問題箇所の改善活動の実態、活動に対する住民評価を捉え、プログラムの効果を検証している。その結果、本プログラムを用いることによって、地域主体が既に行っている活動の中で住環境管理に繋がる取り組みを補強して自主的な改善行動を活性化できることを示し、本プログラムの有効性を明らかにしている。

以上要するに、本研究は、都市縮減期における密集住宅市街地のまちづくりマネジメントの問題に関し、長期のまちづくり実践に参画して克明な調査を行い、居住密度の低下と住宅や宅地の管理不全によって住環境が悪化する密集住宅市街地の実態と動向を解明するとともに、地域主体による住環境の自主管理活動を基礎とするまちづくり手法を提案したもので、建築計画学及び都市計画学上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（人間環境学）の学位に値するものと認める。

氏名（本籍） 王 成康（中国）  
学位記番号 博士（工学）人環博甲第308号  
学位授与の日附 平成26年3月25日  
学位論文題名 中国南京市における城壁空間の保全と活用に関する研究

論文調査委員  
（主査） 九州大学 教授 坂井 猛  
（副査） " " 菊地 成朋  
" 東京大学 " 出口 敦

### 論文内容の要旨

都市の区域を定め、外敵の侵入を防ぐために、中国の

多くの都市で城壁が築かれ、城壁都市を形成してきたが、都市の拡大と武器の発達に伴って城壁の存在価値は次第に低下し、文化大革命の旧物破壊運動により城壁の破壊が進んだ。その後、改革開放による経済の成長とともに、中国政府は歴史的環境を重視するようになり、城壁の保全に取り組む都市が見られるようになった。城壁全体を当初の形態に復元する方針をとる都市がある一方で、南京市は都市の発展に伴い、道路や地下鉄を整備するために、城壁の撤去や城門の設置等により城壁の形態を改変し、城壁の周辺環境の整備に取り組み、観光資源としての活用を模索しているが、市民が城壁に自由に立入りできないエリアが発生するなど、城壁と市民との関わりを希薄にしている。そこで、城壁を地域資源として活かしつつ、都市生活の一部としての機能を維持するために、城壁の保全制度を整備するとともに、城壁周辺の都市空間を含む城壁空間として一体的に捉え、都市の発展とのバランスをとることが求められる。

そこで本研究は、現在の中国において残存規模が最大である南京市の城壁及び周辺の都市空間を含む城壁空間を研究対象として、欧州と中国における城壁の保全の実態、城壁都市の類型と南京市の城壁の特徴、南京市における城壁の変遷と利用実態、南京市における城壁の保全に関する法制度と計画の特徴と課題を明らかにするとともに、城壁空間の特徴と現代的役割をふまえた今後の保全と活用の方針を提示することを目的としている。

本論文は、序論、本論及び結論の5つの章により構成されている。

第1章では、序論として、研究の背景、目的、方法について述べ、本研究の意義や枠組みをまとめるとともに、既往研究を整理し、本研究の位置づけを明らかにした。

第2章では、自治体等からの資料提供を得た欧州と中国の48都市を対象として、人口、築造年代、城壁の規模等を整理し、対象とした欧州と中国の城壁都市の多くが11世紀から16世紀にかけて築かれ、中国の城壁都市が欧州より大規模であること等を示した。また、城壁都市の形態、城壁に囲まれた旧市街地の類型、城壁と市街地の隣接関係、城壁の残存パターン等を踏まえ、中小規模全体保全型、高台市街化型、融合型、独立型の4つのタイプに分類し、それぞれの類型の特徴を分析し、城壁都市の形成に関する課題と方針を明らかにするとともに、南京市の城壁は市街地との関係性の弱い独立型であり、城壁空間の地形や土地利用が複雑であること、連続性に欠けること等の特徴を示した。

第3章では、南京市におけるこれまでの城壁の変遷と都市発展の関係性について考察し、南京市の人口増加による市街地の拡大に伴う城壁の増築と新築、城壁の形態と名称の変更、文化大革命時における城壁の破壊、改革開放による城壁の復元等の変遷を明らかにした。つぎに、

城壁及び周辺の都市空間により構成される城壁空間を城壁の長さ300mを基準として区分し、各城壁空間の機能、利用状況、物理的特徴等をデータとするクラスター分析により、城壁空間を未整備隔離型、公園整備一体型、高台視点場型、境界区分型の4つのタイプに分類し、それぞれの特徴と今後の保全に関する方針を提示した。さらに、南京市における城壁のシンボル性とゲート性、城壁の内外を眺望する視点場、市民活動の場等の現代的な役割を再評価した上で、城壁空間と周辺との不調和、城壁空間を回遊する動線の不備、観光資源化を目的とした整備が公園整備に偏っていること等の課題を示した。

第4章では、南京市における城壁の保全に関する法制度と計画を対象として、まず、城壁の保全に関する法制度の変遷から、城壁の保全と周辺の都市空間との調和および関連性を考慮する空間開発の基準を設定する必要性を示した。つぎに、南京市における城壁保護計画の変遷を考察した上で、国が新たに公布した文物保護工程管理弁法等をもとに、保護計画が部門別計画を含む規範的、総合的な計画に変化したこと、保護対象も遺跡単体のみから自然環境を含む外郭まで拡大したこと、また、環境整備等のハード面から、無形文化遺産の開発や管理組織の設置等のソフト面を重視するようになったこと等を明らかにし、画一的な保全区域と規制区域の設定、整備・開発の制限、文物部門を中心とする保全の仕組み、行政主導による保全計画の策定等のかかえる課題と今後の改善方針を提示した。

最後に第5章では、本研究を通じて得られた知見を総括し、本論文の結論とした。

## 論文調査の要旨

改革開放による中国経済の成長とともに、歴史的環境として城壁の保全に取り組む都市が見られるようになった。多くの都市が城壁全体を当初の形態に復元する方針をとる一方で、南京市は都市の発展に伴い、道路や地下鉄を整備するために、城壁の撤去や城門の設置等により城壁の形態を改変し、城壁の周辺環境の整備に取り組み、観光資源としての活用を模索しているが、市民が城壁に自由に立入りできないエリアが発生するなど、城壁と市民との関わりを希薄にしている。そこで、城壁を観光資源として活かしつつ、都市生活の一部としての機能を維持するために、城壁の保全制度を整備するとともに、城壁周辺の都市空間を含む城壁空間として一体的に捉え、都市の発展とのバランスをとることが求められる。

本研究では、現在の中国において残存規模が最大である南京市の城壁及び周辺の都市空間を含む城壁空間を研究対象として、欧州と中国における城壁の保全の実態、城壁都市の類型と南京市の城壁の特徴、南京市における城壁の変遷と利用実態、南京市における城壁の保全に関

する法制度と計画の特徴と課題を明らかにするとともに、城壁空間の特徴と現代的役割をふまえた今後の保全と活用の方針を提示することを目的とする。その所見は、以下の通りとりまとめられる。

(1) 自治体等からの資料提供を得た欧州と中国の 48 都市を対象として、人口、築造年代、城壁の規模等を整理し、対象とした欧州と中国の城壁都市の多くが 11 世紀から 16 世紀にかけて築かれ、中国の城壁都市が欧州より大規模であること等を示した。また、城壁都市の形態、城壁に囲まれた旧市街地の類型、城壁と市街地の隣接関係、城壁の残存パターン等を踏まえ、中小規模全体保全型、高台市街化型、融合型、独立型の 4 つのタイプに分類し、それぞれの類型の特徴を分析し、城壁都市の形成に関する課題と方針を明らかにするとともに、南京市の城壁は市街地との関係性の弱い独立型であり、城壁空間の地形や土地利用が複雑であること、連続性に欠けること等の特徴を示した。

(2) 南京市におけるこれまでの城壁の変遷と都市発展の関係性について考察し、南京市の人口増加による市街地の拡大に伴う城壁の増築と新築、城壁の形態と名称の変更時における城壁の破壊、改革開放による城壁の復元等の変遷を明らかにした。つぎに、城壁及び周辺の都市空間により構成される城壁空間を城壁の長さ 300m を基準として区分し、各城壁空間の機能、利用状況、物理的特徴等をデータとするクラスター分析により、城壁空間を未整備隔離型、公園整備一体型、高台視点場型、境界区分型の 4 つのタイプに分類し、それぞれの特徴と今後の保全に関する方針を提示した。さらに、南京市における城壁のシンボル性とゲート性、城壁の内外を眺望する視点場、市民活動の場等の現代的な役割を再評価した上で、城壁空間と周辺との不調和、城壁空間を回遊する動線の不備、観光資源化を目的とした整備が公園整備に偏っていること等の課題を示した。

(3) 南京市における城壁の保全に関する法制度と計画を対象として、まず、城壁の保全に関する法制度の変遷から、城壁の保全と周辺の都市空間との調和および関連性を考慮する空間開発の基準を設定する必要性を示した。つぎに、南京市における城壁保護計画の変遷を考察した上で、国が新たに公布した文物保護工程管理弁法等をもとに、保護計画が部門別計画を含む規範的、総合的な計画に変化したこと、保護対象も遺跡単体のみから自然環境を含む外郭まで拡大したこと、また、環境整備等のハード面から、無形文化遺産の開発や管理組織の設置等のソフト面を重視するようになったこと等を明らかにし、画一的な保全区域と規制区域の設定、整備・開発の制限、文物部門を中心とする保全の仕組み、行政主導による保全計画の策定等のかかえる課題と今後の改善方針を提示した。

以上のように、これまでに成立した城壁都市の形態、城壁に囲まれた旧市街地の類型、城壁と市街地の隣接関係、城壁の残存パターン等を概括した上で、現在の中国において残存規模が最大である南京市の城壁及び周辺の都市空間を含む城壁空間を対象として、城壁都市の類型と南京市の城壁の特徴、南京市における城壁の変遷と利用実態、南京市における城壁の保全に関する法制度と計画の特徴と課題を明らかにした。さらに、城壁空間の特徴と現代的役割をふまえ、城壁の保全に関する法制度と活用方針を示すために、立地条件や空間の特性、住民の生活の実態等に配慮した保護区域と規制区域の設定、保全計画を策定する際の行政各部門間の連携、城壁の多面的活用の必要性等の重要な指摘を行っており、都市計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 杉野 弘明 (山口県)  
学位記番号 博士(人間環境学) 人環博甲第 309 号  
学位授与の日附 平成 26 年 3 月 25 日  
学位論文題名 Vulnerability and Resistance of  
Urban Spaces against Crimes  
Focusing on  
Human-Environmental  
Relationship  
論文調査委員  
(主査) 九州大学 准教授 有馬 隆文  
(副査) " 教授 南 博文  
" " 准教授 古賀 靖子

#### 論文内容の要旨

国際的に見ると安全な国でありながら、国民の犯罪に対する不安は高いという「安全・安心」に関して特有の課題を持つ日本において、近年、防犯は一般市民によっても関心が高く、日常的に考慮される対象となりつつあり、人々が暮らす都市で発生する犯罪の未然防止を意図した研究(以下、都市防犯研究)は、住民が安全に、かつ豊かに暮らす都市環境の実現を目指すために今後ますます必要とされていくと予測される。日本における都市防犯研究の歴史を振り返ると、先駆する海外の理論をベースにしなが、犯罪発生との関連性から空間・時間の犯罪に対する「脆弱性」を明らかにする研究や、犯罪不安に関する研究、防犯環境設計や防犯まちづくりに関する研究など、多くの知見が積み重ねられてきた。しかし、他の先進国に比べると元来犯罪発生率が低い日本において、犯罪発生に関するデータのみから防犯に関する研究

を行うことの限界や、得られた知見をもとに実践された犯罪対策や防犯まちづくりの方法論の効果を検証することの難しさも同時に明らかとなってきた。ところで、日本における都市の西洋化・多様化は、必ずしも西洋と日本の都市における犯罪発生傾向をも同じにはしておらず、これまでも低い水準を保っていることから、日本の都市は未だに犯罪に対する「抵抗性」を有していると考えられる。そこで本研究では、日本の都市空間が持つ犯罪を「しづらい」と感じさせ得る「抵抗性」に質的なアプローチで迫り、実際の犯罪二種に関する実証的研究において空間の「脆弱性」に留まらず「抵抗性」をも考慮に入れ、総合的な「防犯力」を量的なアプローチによって明らかにした。

第1章では、本研究全体の背景と目的、論文全体の構成を述べると共に、これまでに提唱された防犯に関する西洋諸国でまとめられてきたモデルや概念の整理を行った上で、これまで日本にて行われてきている都市防犯研究をレビューし、本論文の目的と意義を述べている。レビューの結果として、日本での実践は西洋にて作られた理論やモデルを盲目的に取り入れてきたことの限界点と、防犯研究としながらも、実質は「犯罪発生」に関する研究を行い、それらの結果の逆を考えるという婉曲的な防犯に関する研究しか行われてきていない状況の限界点が浮き彫りとなり、またこれまでの研究にて“プロアクティブ”な防犯が語られてきていない事実が明らかとなった。章のまとめにおいては、今後の日本都市防犯研究を進めていく上で、プロアクティブな防犯を取り扱うためにも、犯罪を「しづらい」と感じさせ得る空間の「抵抗性」に直接的にアプローチする研究手法が必要であるという示唆を得た。

次に、第2章を通して、犯罪学及び場所による防犯に関わる諸学問の歴史をレビューし、これまでに空間が持つ犯罪に対する「脆弱性」のみが着目されてきており、かつ空間の「抵抗性」を見るまでに至っていないことを明らかとした。また、そのような歴史から生じた日本の防犯研究が抱える問題点を指摘し、解決策となり得る「しづらさ」を取り上げるといふ研究のオルタナティブを指摘した。

第3章では、次章以降で「しづらさ」を取り上げるために、「しづらい」と感じられる空間とはどういったものなのか、そしてどのように感じられるのかを、環境心理学・生態学的心理学からの観点から、4つのエピソード分析から考察することを試み、最終的に「しづらさ」を扱い得る人間と環境のトランザクションについての統合モデルを取りまとめた。

第4章では、人間が環境に関わる具体的な犯罪として放火を取り上げ、放火を「しづらい」と感じる空間についてのフィールドノートを基に GTA (Grounded Theory

Approach)を用いて放火に対する「抵抗性」に繋がる路上の空間特性を明らかにした後に、従来の研究から得られていた「脆弱性」に関する項目を含めた空間評価指標を作成し、放火発生の顕著な地区を対象に評価を行った。評価は5つの側面によって行われ、放火発生傾向の地域毎の特色を考慮にいれながらも地区ごとの放火に対する「防犯力」を明らかにしており、放火を誘発する除去すべき設置物や状況・機会に留まらず、対象地域にどのような物的環境を整える必要があるのかというプロアクティブな防犯につながる議論に至った。

第5章では、日本において多くの発生件数のある自転車盗難を、もう一つの人間-環境を見るべき具体的な犯罪として取り上げた。対象校区内におけるフォーマル・インフォーマル問わず駐輪が行われている全てのポイントから、自転車盗難を「しづらい」と感じるポイントについての記述を Contextual Inquiry を用いることで収集し、それらテキストデータに対してテキストマイニングを行うことで、記述の中から自転車盗難の「しづらさ」に関連する視認物や状況を抽出した。その後、抽出した「しづらさ」に関わる項目と、既往研究で明らかとなっていた「脆弱性」に関する項目を合わせた評価指標を用いて全駐輪ポイントを定量的に評価し、その結果を実際の自転車盗難発生に関するデータと合わせることによって、自転車駐輪空間の「防犯力」を「脆弱性」と「抵抗性」の二つの関係性により導くことが出来る評価手法を導き出した。

最後に第6章では、前章までに得られた知見をもとに、日本におけるプロアクティブな都市防犯に関する研究の方向性として、路上空間が持つ犯罪に対する「脆弱性」のみならず「抵抗性」を考慮する手法により、相反する二つの性質の拮抗を考慮した上で総合的な「防犯力」を求めることの有用性と限界点を議論し、本研究全体における手法論を基にした日本における今後の防犯研究に対する展望に言及した。

## 論文調査の要旨

本論文は、これまでに提唱された防犯に関する理論や研究を概観した上で、都市の脆弱性のみに着目する日本の防犯研究の限界点を指摘し、日本の都市空間が有する抵抗性にも着目すべきことを提言した。次に都市の抵抗性を環境心理学的・生態心理学的に「しづらい」と感じるエピソードによる分析から捉え直し、「しづらさ」を感じ取る人間と環境のトランザクションについての統合モデルを提示した。さらに、放火をケーススタディとして取り上げ、脆弱性と抵抗性の観点から、それぞれの地区の課題を明らかにし、地区単位毎の防犯環境設計の提案を行っている。また、自転車盗難をケーススタディとして、自転車盗難をしづらいと感じさせる視認物や状況を

明らかにすることで、防犯性能が高い駐輪場の条件を提示し、脆弱性と抵抗性のそれぞれの「強度」と「拮抗性」が自転車盗難に大きく影響することを論じており、アーバンデザイン学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(人間環境学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 正木 哲 (福岡県)  
学位記番号 博士(人間環境学) 人環博甲第 319 号  
学位授与の日附 平成 26 年 3 月 25 日  
学位論文題名 多材積型木造住宅の開発に関する計画的な研究

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 竹下 輝 和  
(副査) " " 堀 賀 貴  
" " " 菊地 成 朋

#### 論文内容の要旨

戦後のわが国の木造建築物を取り巻く状況は、資材不足、建築物の不燃化・耐震化の社会的要請を受けて、1959年には日本建築学会において実質的に木造建築物を「禁止」とする決議がなされるなど大変厳しいものがあつた。ところが、近年の地球環境問題の深刻化とともに、戦後の拡大造林が伐期を迎えつつあることから森林資源の積極的利活用が求められ、また、深刻化する地球環境問題に対して地球温暖化防止策としての木材利用が国連気候変動枠組条約の次期枠組みにおいて、伐採木材製品を炭素ストックとして認めることが決定したことも大きく影響し、木造建築物に対する社会的評価が著しく変化しようとしている。以上のような状況において、公共建築分野では潜在的な木材需要が期待され、2010年には「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」によって大きな動きが起ころうとしている。一方、住宅分野では近年の新設住宅着工戸数の減少傾向によって木材需要量の減少が見込まれるために、特に、木造住宅の設計・生産において木材の利用拡大を実現する具体的な取り組みが求められている。

本論文は、以上のような背景を受けて、今後求められる木造住宅像として「多材積型木造住宅」なる概念を提示しその開発を試みるもので、多材積型木造住宅の理論的な枠組みの構築とともに、その中で最も可能性のある具体的な実現方法である「木柱材システムパネル工法」を提案・検証するものである。

第1章では、本研究の背景として、わが国の木造建築物を取り巻く状況の変化を促す要因を整理するとともに、とりわけ、木造住宅生産に関する既往の研究を整理し、本研究の位置づけを述べた。

第2章では、多材積型木造住宅の理論的枠組みを構築することを目的として、国内外で炭素固定の観点から積極的に木材利用を推進する社会的動向が顕著になりつつあることを示すとともに、新設住宅着工戸数が減少傾向にあることを確認した上で、現状の木造戸建住宅の材積を向上させるとさらに用材自給率が大幅な向上が見込まれること、また、仮に、特定間伐等で伐採した間伐材からは生産可能な用材量が九州地域における平均年間木材消費量のおよそ3分の2になることを明らかにしている。また、京都議定書第二約束期間において施行される予定の伐採木材製品を炭素ストックとして認める枠組みにおいては、高歩留りの木材製品を使用することが望ましいこと、また、木造住宅の炭素ストックを建設に伴い排出されたCO<sub>2</sub>量で除した住宅建設における炭素固定の効率性を表す指標で比較した場合、一戸当たりの材積を向上させた住宅は効率性が良いことを明らかにしている。

第3章では多材積型木造住宅なる概念を定義した。本研究では、多材積型木造住宅が木材を効率的に使用するため建材としての特性を十分に活かすことを前提にして、住宅の現状の材積量を増加させた住宅とその生産システムを提起するとともに、材積量の目安としては、従前のおよそ1.5~2.0倍程度が望ましいことを指摘している。加えて、多材積型木造住宅は、木材利用による省エネ効果と炭素貯蔵効果によって住宅の建設段階においてCO<sub>2</sub>排出の抑制を実現し、地球温暖化防止に資する環境配慮型住宅と位置づけられる。次いで、国内外の先行事例調査から、特に、木材の厚みを活かした技法が顕著であることを示している。

第4章では、多材積型木造住宅を実現する具体的方法を検討するため、まず、木造住宅に関する規定を計画的・法的の両面から確認し、わが国に特有な在来軸組構法の技法史をまとめた上で、在来軸組構法の構法計画的特性を明示し、近年の木造住宅工法の動向を検証した上で、在来軸組構法住宅の材積構成に関するケース・スタディを行い、材積の向上が可能であることを示した。

第5章では、多材積型木造住宅を実現する新構法として「木柱材システムパネル工法」を提案し、その概要と新規性、今後の発展可能性や汎用性について論述する。木柱材システムパネル工法とは、新しい木質化技術である製材合梁材製作技術によって製作される木柱材システムパネルを、在来軸組構法に統合した新構法である。新構法では使用する部材種を限定することでシステム化し、また、その特徴を生かすことで新しいデザインを可能とするものである。また、これまでに新構法によって建設された住宅を対象として施工に関するレビューを行い、新構法の施工性に関して課題を明らかにしている。

第6章では、新構法による住宅の工事費用構成比率からみたコスト分析を行い、その特性を明示している。木

柱材システムパネル工法によって建設された事例では、事例の材積量は一般的な在来軸組構法住宅（大壁方式）の2倍以上の材積量がある。従って、コスト特性は木工事費用が全体の工事費に占める割合、また、木材費用が全体の工事費に占める割合が非常に大きくなるのに対し、仕上げ工事費用の全体の費用に占める割合は小さくなる。次いで、木工事費用の内訳において、在来軸組構法では手間費用がその半額以上を占め、多くの手間がかかっているのに対して、事例における手間費用は3分の1を占めるに留まり、効率性の高い工法であることを指摘している。

第7章では、地場産木材の供給方式に着目して、地域型木造住宅に対する一定量の木材を現物支給する公共支給方式を構想し、同方式の実現可能性を検証している。地域の木造住宅の生産システムと連携し多材積型木造住宅を実現するには公共支給方式が必要不可欠である。本研究で提案した木柱材システムパネル工法は単一の流通規格寸法の製材を基本構成材とする在来軸組構法の発展型工法であるため、公共支給方式における地域型木造住宅の標準工法として対応可能であることを指摘している。ここでは、木造の公共施設建設事業における木材支給のケース・スタディを行い、事業におけるスケジュールと地場産木材の利用方針確立の時期、公共支給方式を実施する組織体制について検証するとともに、公共支給材の歩留りについて考察している。

第8章では、本論文の総括と今後の展望を述べた。

## 論文調査の要旨

再生利用が可能な循環型資源として木材資源の利活用がますます重要となっている。本論文は、地球環境時代において住戸当たりの木材使用量である材積量に着目して、「多材積型木造住宅」なる概念を提示しその計画的開発を試みたもので、多材積型木造住宅の理論的な枠組みの構築とともに、その具体的な実現方法である「木柱材システムパネル工法」を提案し、その汎用性と可能性を検証したものである。

具体的な研究成果は、以下の三点に集約される。

一点目は、近年、国際的枠組みにおいて木材を炭素ストックとして認める固定化評価の見直しが決定したことを受けて、森林の管理が主目的であった木材利用に、新たに地球温暖化対策としての効果を加え、地球環境時代の木造住宅生産システムの構築にむけて木造住宅の材積を大幅に向上させる「多材積型木造住宅」なる概念を提起している点である。

二点目は、多材積型木造住宅を最も可能とする具体的な実現方法を検証するため、わが国特有の在来軸組構法を基本形として、材積率のケース・スタディから多材積化する技術的方策を提案している点である。従前の在来

軸組構法住宅の材積率が概ね  $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$  とされるのに対し、軸組などに使用する構造材の他、床・天井に使用される準構造材や仕上げ材などに木材を多用することで、従前の約2倍の材積率が可能であることを示している。その上で、筆者は、「木柱材システムパネル工法」を提案し、在来軸組構法をパネル材としてシステム化する工法を提起している。具体的には、製材合梁製作技術（『木質複合軸材材料 スギBP材(重ね)』認定番号MWCM-0019）により単一の柱材によってのみ構成される柱材パネルを壁や床材として使用し、部材種の限定によって新しいデザインを提案している。

三点目は、計画的開発研究においてこうした新工法を実住宅の設計において実践しその検証を行っていることである。まず、建築本体工事費用の内訳から本工法のコストの特性を明らかにし、木工事費用の占有割合が全体の工事費に占める割合が拡大する分、仕上げ工事費用を削減することができれば充分に実現可能性が高くなること、また、木工事費用の内訳において在来軸組構法では人工費用がその半額以上を占めるが、本システムパネル工法では人工費用の割合を3分の1まで抑えることが可能となり、汎用性の高い工法であることを明らかにしている。

以上要するに、本論文は地球環境時代における木造建築物として多材積型木造住宅を提起したうえで、多材積化を実現するシステム化工法として木柱材システムパネル工法を提案し、本工法の汎用性と可能性を検証したものであり、建築計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（人間環境学）の学位論文に値するものと認める。

