

## 学位論文審査報告

角田, 憲一  
九州大学大学院人間環境学府

金, 源雨  
九州大学大学院人間環境学府

丸茂, 悠  
九州大学大学院人間環境学府

中村, 美紀子  
九州大学大学院人間環境学府

他

<https://hdl.handle.net/2324/19123>

---

出版情報 : 都市・建築学研究. 14, pp.169-187, 2008-07-15. 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) 角田 憲一(岡山県)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第156号  
学位授与の日付 平成19年4月27日  
学位論文題名 千々岩助太郎による台湾原住民住居調査に関する研究

### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 堀 賀 貴  
(副査) " " 竹下 輝 和  
" 京都工芸繊維大学 " 石田 潤一郎

### 論文内容の要旨

本論文は、日本統治期の台湾において台湾原住民の住居研究を行った建築学者千々岩助太郎を取り上げ、彼が調査研究の際に残した資料をもとに、その研究を再評価し、残された資料の意義を再考するものである。千々岩助太郎は1930年代の台湾において、全島に亘って原住民住居の調査を行った。日本統治以降、台湾原住民については人類学者や社会学者によって多くの調査研究が行われてきたが、建築物に主眼を置いた建築学的視点からの研究は千々岩によって始められたといえる。当時、原住民社会は大きな変容の最中にあり、さらに終戦後における台湾の経済発展を経て、現在では、原住民旧来の住文化の多くが失われてしまった。その結果、千々岩の調査資料は日本統治期の原住民住居を記録した唯一のものとしての価値を持つことになり、以後広く利用されることになる。しかし、その利用は伝統的住居の代表的とされるものが個別に取り出され利用されるという、伝統的側面からの利用に限られたものといえる。つまり、千々岩の研究にはいまだ評価の定まっていない側面が残されているといえ、その理由として、調査の全体像が明らかではなく、調査事例が当時の社会状況と切り離された状態に置かれていることが挙げられる。これを受けて本論文では、千々岩によって行われた原住民住居調査の行跡を追いながら、その調査を成り立たせた当時の社会状況を明らかにし、その研究及び調査された住居事例を当時の社会との関係性の中で捉え直そうとするものである。

本論文は以下の4章及び結語から構成されている。

第1章では、序章として、前述したような問題意識を持つに至る経緯について述べた。千々岩に代表される建築学的な調査においては、対象である原住民住居は個別に記録され、ゆえに、他分野の研究者による建築調査に比べて建築的な情報が充実していること、千々岩の研究が以後の研究にとって伝統的住居を記録したものとしての一面的な利用に限られていることを指摘した。

第2章では、本論文の主要資料である、千々岩が調査研究の際に残した資料(以下、千々岩資料)について、その概要と特徴について述べた。千々岩資料は福岡市の自宅に残されており、それらは原住民の建築物に関する資料(図面、写真等)と調査自体に関する資料(行程図、日程表、里程表等)とに大別することができる。建築物に関する資料については今回新たに資料番号を付し、戸主別に整理し、住居としては119戸(内、未発表の住居事例14戸)についての資料が残されていることを確認した。資料として残されている以外にも多くの住居が調査されていたとは考え難く、本論文で扱った資料が千々岩による調査住居の全体像を示していると考えられる。

第3章では、調査に関する資料を用いて、千々岩による原住民住居調査の特徴について考察した。千々岩の調査の基本的な行程は、1日14~17km(5~6時間程度)の移動と1日1集落の調査によって組み立てられており、原住民居住地域の隅々にまで配備された駐在所を基点とするものであった。調査に際しては、中央警察機関である理蕃課の職員が調査の許可や現地駐在所への手配を整えるという調査コーディネーターとしての役割を、駐在所の警察官が、宿泊の世話や調査の警備、案内などの役割を担っていたと考えられる。さらに、駐在所と調査集落との関係に注目して検討した結果、調査集落として駐在所により近いものが選択される傾向があることを示した。これは千々岩の調査が、その行程段階において一定の限界を含むものであることを示しており、結果として非常に効率の良い調査が行われることになったといえる。

第4章では、建築物に関する資料を用いて、調査事例に見る調査基準と原住民の住環境の諸相について考察した。未発表の住居事例からは、千々岩の中に原住民住居に対する空間的な原型と技術的な原型を求める志向が混在していることを示した。これは千々岩によって多様な住居の姿が記録されることとなった一因と考えられる。また、千々岩の調査事例に見られる当時の社会動向の表れとして、神宮大麻の奉斎、集団移住政策、個人便所の設置の3点を取り上げ、それが記録されること背景について考察した。調査事例の中には、集団移住政策による移住後にも関わらず伝統的な住居形式で建設された住居も記録されており、これは、伝統的な住居が消失するだけでなく、新築される場が残されていたことを示している。また、原住民社会に広く普及していたとされる神宮大麻の奉斎や個人便所は調査から意図的に除外されていると考えられ、これは、それらが住空間に影響を及ぼすほど浸透していなかったことによると考

えられる。千々岩の調査事例に見られる住居は、当時の伝統的住居の現状に千々岩による復元的操作が加えられた結果としての姿であるといえ、社会との関係性の中で捉えることで、このような資料の性格を明らかにすることができた。

結語として千々岩の研究は、台湾原住民の伝統的住居の記録としての評価にとどまるものではなく、当時のダイナミックに変動する社会の一断面を記録したものとして捉えることができる。この視点は千々岩の研究が今後の台湾原住民住居研究に果たす役割を大きく広げるものといえる。

### 論文調査の要旨

本論文は、日本統治期の台湾において台湾原住民の住居研究を行った建築学者千々岩助太郎を取り上げ、彼が調査研究の際に残した資料をもとに、その研究を再評価し、残された資料の意義を再考するものである。千々岩助太郎は1930年代の台湾において、全島に亘って原住民住居の調査を行った。日本統治以降、台湾原住民については人類学者や社会学者によって多くの調査研究が行われてきたが、建築物に主眼を置いた建築学的視点からの研究は千々岩によって始められたといえる。当時、原住民社会は大きな変容の最中にあり、さらに終戦後における台湾の経済発展を経て、現在では、原住民旧来の住文化の多くが失われてしまった。その結果、千々岩の調査資料は日本統治期の原住民住居を記録した唯一のものとしての価値を持つことになり、以後広く利用されることになる。しかし、その利用は伝統的住居の代表的とされるものが個別に取り出され利用されており、千々岩の研究資料の全貌は捉えきれず、いまだ評価の定まっていない側面が残されている。これを受けて本論文は、千々岩によって行われた原住民住居調査の行跡を追いながら、その調査を成り立たせた当時の社会状況を明らかにし、その研究及び調査された住居事例を当時の社会との関係性の中で捉え直そうとするものである。

本論文は以下の4章及び結語から構成されている。

第1章では、序章として、前述したような問題意識を持つに至る経緯を説明している。千々岩に代表される建築学的な調査においては、対象である原住民住居は個別に記録され、ゆえに、他分野の研究者による建築調査に比べて建築的な情報が充実していること、千々岩の研究が以後の研究にとって伝統的住居を記録したものとしての一面的な利用に限られていることが指摘される。

第2章では、本論文の主要資料である、千々岩が調査

研究の際に残した資料（以下、千々岩資料）について、その構成と資料としての価値を再確認する。千々岩資料は福岡市の自宅に残されており、それらは原住民の建築物に関する資料（図面、写真等）と調査自体に関する資料（行程図、日程表、里程表等）とに大別することができる。建築物に関する資料については今回新たに資料番号を付し、戸主別に整理し、住居としては119戸（内、未発表の住居事例14戸）についての資料が残されていることを確認した。資料として残されている以外にも多くの住居が調査されていたとは考え難く、本論文で扱った資料が千々岩による調査住居の全体像を示していることと結論付けている。

第3章では、調査に関する資料を用いて、千々岩による原住民住居調査の特徴について考察されている。千々岩の調査の基本的な行程は、1日14~17km（5~6時間程度）の移動と1日1集落の調査によって組み立てられており、原住民居住地域の隅々にまで配備された駐在所を基点とするものであった。調査に際しては、中央警察機関である理蕃課の職員が調査の許可や現地駐在所への手配を整えるという調査コーディネーターとしての役割を、駐在所の警察官が、宿泊の世話や調査の警備、案内などの役割を担っていたと考えられる。さらに、駐在所と調査集落との関係に注目して検討した結果、調査集落として駐在所により近いものが選択される傾向があることが示された。このことより千々岩の調査が、その行程段階において一定の限界を含むものの、結果として非常に効率の良い調査が行われたと結論付けている。

第4章では、建築物に関する資料について、調査事例に見る調査基準と原住民の住環境の諸相から資料批判を展開する。未発表の住居事例からは、千々岩の中に原住民住居に対する空間的な原型と技術的な原型を求める志向が混在していることが示される。これが千々岩によって多様な住居の姿が記録されることとなった一因であるとする。また、千々岩の調査事例に当時の社会動向の表れとして、神宮大麻の奉斎、集団移住政策、個人便所の設置の3点について、それが記録されること背景について考察している。調査事例の中には、集団移住政策による移住後にも関わらず伝統的な住居形式で建設された住居も記録されており、これは、伝統的な住居が消失するだけではなく、新築される場面が存在していたことを示している。また、原住民社会に広く普及していたとされる神宮大麻の奉斎や個人便所は調査から意図的に除外されており、これは、それらが住空間に影響を及ぼすほど浸透していなかったことを示す。千々岩の調査事例に見られる住居は、当時の伝統的住居の現状に千々岩による復元的操作が加えられた結果であるとする。

結語として千々岩の研究は、台湾原住民の伝統的住居の記録としての評価にとどまるものではなく、当時の社会の一定の影響下での記録として捉えるべきであり、台湾原住民住居の唯一の資料である千々岩の研究が、建築学のみならず、人類学、民族学などをふくめた研究に果たしてきた役割を再考する必要性を見いだしている。このように、本論文は、本資料の性格及び可能性が明確に示された点において価値ある業績であると認められる。

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） 金 源 雨（韓国）  
学位記番号 博士（工 学）人環博甲第 157 号  
学位授与の日附 平成 19 年 4 月 27 日  
学位論文題名 昼光による不快グレアの評価法に関する研究

論文調査委員  
（主 査） 九州大学 助教授 古 賀 靖 子  
（副 査） " 教授 渡 邊 俊 行  
" " " 三 浦 佳 世

### 論文内容の要旨

昼光を屋内照明に利用することは、心理的な快適性の面においても、省エネルギーの面においても重要である。しかし、昼光を最大限に利用しようとするとき、昼光による不快グレアは照明の質を低下させる要因になる。昼光を導入した照明環境の質の向上には、昼光による不快グレアの的確な評価と制御が必要であり、人工光とは異なる昼光の特性を考慮した適切な評価法を確立しなければならない。

人工照明による不快グレアの評価については、国際照明委員会（CIE）の UGR 法（Unified Glare Rating）が国際標準となっている。しかし、昼光照明による不快グレアの評価については研究が乏しく、確立された評価法はない。それは、グレア光源となる窓面全体あるいは一部が人工光源に比べて非常に大きく、グレア光源の輝度が一様でないことが原因である。また、窓のような大光源からの不快グレアを評価する方法が実用化に至っていないのは、評価式を開発するときに想定したグレア光源に問題があるためである。すなわち、ほとんどの評価式は均一光源を想定して作られたものである。窓がグレア光源となると、その輝度分布は常に均一とはいえない。よって、グレア光源が不均一な場合でも評価できる方法が必要である。

本研究は、大光源で、かつ不均一な光源にも対応でき

る実用的な昼光による不快グレア評価法を提案することを目的としている。そのため、第一に、これまでの不快グレア評価法の研究をふまえながら、評価式の問題点を明らかにする。第二に、不快グレアの程度に関するパラメータの影響度合いを調べ、均一な大光源からの不快グレア評価式を提案する。第三に、昼光がグレア光源となるときの輝度分布を調べて、不均一な大光源からの不快グレア評価式の必要性の有無を検討し、その不快グレア評価式を提案する。第四に、均一な大光源からの不快グレアの評価式と不均一な大光源からの不快グレアの評価式をまとめ、昼光による不快グレア評価法を提案する。

本論文を以下のように 9 章で構成した。

第 1 章では、研究の背景と目的、および論文の構成について述べた。昼光による不快グレアの評価法の重要性を述べ、本研究の必要性を明らかにした。

第 2 章では、これまでに提案されている不快グレアの評価法を紹介した。人工照明による不快グレアの評価法として英国の GI 法（Glare Index System）、CIE の UGR 法（Unified Glare Rating）、北米照明学会の VCP 法（Visual Comfort Probability Method）を、昼光からの不快グレアの評価法として Hopkinson の DGI 法（Daylight Glare Index）と岩田らの PGSV 法（Predicted Glare Sensation Vote）を紹介した。これより、既往の評価法を用いて、均一な光源や複数の光源からの不快グレアは評価できるが、不均一なグレア光源への適用には課題があることを明らかにした。

第 3 章では、不快グレア感覚に関する基本パラメータ（グレア光源の輝度と大きさ、背景輝度、グレア光源の位置に関するポジション・インデックス）について述べた。不快グレア感覚は上部視野と下部視野で単純に対称ではないため、下部視野も含めたポジション・インデックスが必要であることを示した。

第 4 章では、不快グレアの評価尺度について述べた。不快グレアに関する観測者の主観評価を 4 段階に分けて、各段階に対応する不快グレア感覚輝度を測定した結果、用いた評価尺度は不快グレアの評価に利用可能であることを明らかにした。

第 5 章では、全視野のポジション・インデックスを提案した。視野内の不快グレア感覚の分布を調べる実験を行って等グレア感覚曲線を描き、視野内の不快グレア感覚の分布状態を明らかにした。また、等グレア感覚曲線に基づいて下部視野を含む全視野のポジション・インデックスを求めた。

第 6 章では、均一な大光源からの不快グレアの評価式を提案するため、不快グレアの程度に関するパラメータの影響度合いを調べた。不快グレア評価の基本式における各パラメータの指数を求め、均一な大光源からの不快グレア評価式を提案した。

第7章では、不均一な大光源からの不快グレアの評価式を提案した。まず、実験によって不均一な感覚を生じさせる輝度比を検討し、その輝度比（光源内部の高輝度/低輝度）は1.24であることを明らかにした。次に、日光がグレア光源となるときの輝度分布を調べ、窓面の輝度分布は不均一感覚を生じさせる輝度比になる可能性があることを明らかにした。さらに、不均一な大光源からの不快グレアの評価式を求めるため、不均一な大光源からの不快グレア感覚を測定した。模擬窓の基準面と比較面の輝度を変化させ、基準面、比較面とも同じ大きさの場合、基準面と比較面の大きさが異なる場合について、観測者に不快グレア感覚を評価させた。また、基準面、比較面ごとに不快グレア評価値を計算して合計する方法と、基準面と比較面の平均輝度を使って不快グレア評価値を計算する方法により不快グレア評価値を予測した。2つの方法で予測値に大差はなかったため、予測の簡便さから、不均一な大光源からの不快グレアの評価には大光源の平均輝度を用いることを提案した。均一な大光源からの不快グレアと不均一な大光源からの不快グレアの評価式をまとめて、大光源からの不快グレア評価式を提案した。

第8章では、提案式による日光からの不快グレアの評価方法を定め、DGR法（Daylight Glare Rating）と称して提案した。また、実際の窓を用いて、提案式を検証した。実際の窓から生じる不快グレアを観測者に評価させ、DGR予測値と比較した結果、観測者の評価値とDGR予測値には差がなかった。このことより、窓による不快グレアは、提案式によつて的確に予測・評価できるとした。

第9章では、各章で得られた知見をまとめて、総括とした。

## 論文調査の要旨

日光はヒトの生理・心理に重要な要素であるが、近年は照明のエネルギー的側面から、オフィスを中心に建築における日光利用の要求が高まっている。一方、照明環境については、光の量だけでなく、光の質が重視され、光の質に大きく影響する不快グレアの抑制が最重要課題となっている。人工照明による不快グレアの評価にはUGR法（Unified Glare Rating）という国際標準があるが、昼光照明による不快グレアの評価法は定まっていない。昼光照明の場合、光源となる窓面の性質が人工光源と異なり、面積が比較的大きく、輝度が様でないことによる。また、一般に、人工光源が視線の上部に位置するのに対して、窓面は視野の大部分にかかることがある。従つて、昼光照明による不快グレアの評価には、これらの特性を考慮した方法が必要である。

本論文は、昼光照明環境の質的な予測・評価・制御のために、日光による不快グレアの実用的な評価法を開発

するものである。UGR法との整合を将来的な目標としながら、輝度が不均一な大光源からの不快グレアの評価法を開発している点において、日光と人工光による併用照明の設計と環境性能評価への適用などの展開が期待され、照明工学および建築環境工学において価値の高い成果を呈示している。

著者は、まず、既往の不快グレア評価法を調査し、人工照明と昼光照明の各々に関する不快グレア評価法の特徴と問題を明らかにしている。すなわち、既往の評価法では、グレア光源が小さな場合やグレア光源の輝度が均一な場合、グレア光源が視野の上部に位置する場合に不快グレアを評価できるが、日光による不快グレアの実際的な評価には、輝度が不均一な大光源に対する新たな評価法が必要であることを指摘している。

次に著者は、既往の研究に基づいて、不快グレア感覚の基本パラメータとされるグレア光源の輝度と大きさ、背景輝度、視線に対するグレア光源の位置の影響を検討し、グレアに関する快・不快の限界輝度はグレア光源の大きさによって変化する可能性があること、不快グレア感覚は上部視野と下部視野で異なるため、視野全体に関する新たなポジション・インデックス（視線とグレア光源との位置関係による不快グレア感覚の指数）が必要であることなどを明らかにしている。著者は、不快グレアの主観評価が4段階で計れるとして、各段階に対応する不快グレア感覚輝度を測定し、提案する尺度の妥当性を示すと共に、視野内の不快グレア感覚の測定によつて等グレア感覚曲線を求め、全視野のポジション・インデックスを開発している。全視野のポジション・インデックスは、人工照明による不快グレアの評価にも適用でき、現行のUGR法の改良など、照明工学上、有用かつ価値の高いものである。

続いて著者は、4つのパラメータで構成される大光源からの不快グレア評価の基本式を示して、実験により各パラメータの影響の程度を明らかにし、輝度が均一な大光源からの不快グレア評価式を作成・提案している。さらに、提案する評価式を、輝度が不均一な大光源からの不快グレア評価に拡張するため、均一・不均一の感覚を生じさせる輝度を基準に検討対象のグレア光源を定義する方法を考案し、均一から不均一への感覚的変移点を調査して、不均一な感覚を生じさせる輝度比の閾値は1.24という照明工学上、有用な知見を示している。実際の窓面を想定して輝度分布を検討し、窓面の輝度分布は、天空状態に拘わらず不均一な感覚を生じさせる輝度比を持つ可能性があること、考案したグレア光源の定義は、不均一な大光源からの不快グレア評価に妥当であることを示している。

最後に著者は、輝度が不均一な大光源について、均一と見なせる分割面ごとに不快グレア評価値を求めて合計

する方法と、光源全体の平均輝度を用いて不快グレア評価値を求める方法を比較検討し、両者の不快グレア評価値には大差がないため、実用上、グレア光源の平均輝度を用いる方法が簡便で有利であることを示している。得られた知見を総合して、輝度が不均一な大光源からの不快グレアの評価法および評価式を開発している。さらに、実空間において評価式の検証を行い、提案する評価法の価値を明らかにしている。

以上、本論文は、全視野における不快グレア感覚を明らかにすると共に、輝度が不均一な大光源からの不快グレアの評価法および評価式を開発して、昼光照明環境の質的な予測と評価、昼光照明システムの設計と効果的な運用、昼光利用による人工照明の制御などを可能にしたものである。加えて本論文の成果は、昼光と人工光による併用照明環境への応用も期待され、建築における昼光利用の促進に対して必要不可欠な役割を担うものである。本論文は、基本計画段階における建築空間の環境構成から、運用段階における照明環境性能の制御と改善に至るまで、大いに貢献するものであり、照明工学および建築環境工学において価値ある業績である。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） 丸茂 悠（福岡県）  
学位記番号 博士（工学）人環博甲第162号  
学位授与の日附 平成19年9月25日  
学位論文題名 都市における水路の空間特性に関する研究  
—河川・水路に関わる制度の分析と水郷柳川の事例検討より—

#### 論文調査委員

（主査） 九州大学 教授 菊地 成朋  
（副査） " " 南 博文  
" " " 竹下 輝和

#### 論文内容の要旨

本研究は、人が集まり暮らす場を成り立たせている仕組みを、空間の視点から考察し、都市における「公」と「私」の今後のあり方について検討することを目的とする。本論文では、水路に焦点をあて、公的視点から捉えられがちな水路の空間形成への、私的行為の関わり方や私的空間との関係に着目し、考察する。これにより、都市における水路の空間を活かすための河川・水路に関わる制度の特徴と課題、水路の空間の多様性と、そこに居る居住者等の存在と重層的な関わり方を明らかにする。

水路は氾濫等の危険があり、農業や工業の用水でもあることから、空間の視点よりも治水・利水といった側面

から論じられることが多く、「公」による管理が中心となっている。その一方で、水路は、私有地に面する水辺の景観や水質維持など「私」の影響を受け存在している。また、水路は、昨今の個性あるまちづくりにおいて、まちを特徴づける要素として評価されており、水路のあり方は転換期にあるといえる。

主論文は、第1部（第1章～第3章）、第2部（第4章～第6章）および総括（第7章）で構成される。第1部では、社会的共通資本の一つである制度を中心に論じ、第2部では、水郷柳川を対象に水路と居住空間の関係に注目し事例検討を行い、水路空間の特徴と空間形成の課題を明らかにする。

第1章では、河川・水路の基礎的情報を整理しており、近世と比較して都市における水空間が減少していること、河川・水路の役割や河川行政における政策方針の変遷、「法定外公共物」の存在について述べる。なお、河川、水路を制度面から捉える場合、公物管理法の対象となるものと、法の適用や準用を受けない法定外公共物が存在することに留意する必要がある。法定外公共物の存在こそが、河川・水路の特性を表わしているといえる。第2章では、河川・水路の空間形成に関わる国レベルの制度、第3章では、国や地方公共団体における取組み事例について整理している。河川・水路の空間形成に関わる制度は多数あるが、維持管理等の基本を定める河川法の基準が河川・水路の空間形成に影響を与えている。河川法の対象は法河川（準用河川を含む）に限定され、この対象では、河川としての機能を確保するとともに、公共の用に供することが原則とされ、特定の個人が占有することを制限している。国、地方公共団体における取組み事例では、河川・水路の空間をまちづくりに活かすため、別体系でコントロールされている建築敷地と河川区域を一体的な空間として扱う方法や、公的空間と位置づけられる河川・水路における営利活動のような私的占有を認めるといった従来とは異なる柔軟な扱い方が試みられている。

水郷柳川を対象とした第2部では、第4章において、旧城下町を対象に水路の配置と機能を中心に、近世、近代以降の都市構造を考察し、第5章において、階層や立地など成立背景の異なる3つの地区を対象に、水路と屋敷の関係、地区構造との関係について検討する。第6章では、水路の空間形成への施策の影響について考察する。柳川の都市の骨格は、近世の封建制度の下につくられたものであるが、同時にモタセシステムを取り込んでおり、社会制度と自然環境の双方に対応していた。モタセシステムは水の流れを通常よりも遅くするものであり、さらに取水と排水を同一の水路が担う特殊な環境も重なり、上流から下流まで流れる水は何度も反復利用され、循環型の水利システムがつくられていた。これを可能にして

いたのは、浄化してから排水するという原則であり、各屋敷に取水・利用・浄化・排水のための空間があった。水質を維持することは、水路の空間の質を保つことにもつながり、また、水利用のための空間は型となり、それが連続し水際景観となっていた。近代以降、陸上の交通網整備、水道敷設等により、都市構造は大きく変わり、水路は排水路へと特化した。家では、水質の維持の必要性が低下し、水利用のための空間の型はなくなり、また、私有地内における建築自由の原則により、水際には色々な形態が現れ現在に至っている。一方で、柳川では全国に先駆け水路の保全に取り組み、水路を中心としたまちづくりが進められており、地域資源を活かしたまちづくりとして評価できる。しかしながら、市が進めている広い水路沿いの明確な公有地化は私有地から水路を明確に切り離すものであり、柳川の水路特有の空間構成とは異なる。これは、空間構成を変えるだけでなく、これまでの柳川の水路維持の仕組みに影響を与える可能性がある。というのは、公的空間と位置づけられている水路は、私的空間と連続し、私的空間と一体化することにより、日常生活において手入れされ維持されてきた部分があるためである。

第1部、第2部をまとめると、まず、柳川の水路の多くは「法定外公共物」として存在しつづけ、私的行為との多様な関わりが見られる。国や他の地方公共団体においても従来の体系とは異なる扱い、私的行為の導入など河川・水路をまちづくりに活かすことが検討されている。水路は「公」と「私」に二分されるのではなく、公的な性格を有しつつ、私的行為、私的空間とも関わっている。今後の水路の空間整備、維持管理方策の検討においては、水路によっては、地域の人々により維持管理されてきたという利点を活かすことが必要と考える。

## 論文調査の要旨

かつて日本の都市では水路が地域をくまなく流れ、給排水の役割を担うとともに舟を使つての搬送手段としても使われてきた。しかし、近代になって上水道や道路が整備されるようになると、都市の水路はその役割を終え、埋立てや暗渠化により姿を消していった。一方で、近年はそのような近代化によって失われた伝統的な都市空間の見直しが行われるようになり、水路も地域環境や水循環の観点から保全・活用が検討されるようになってきている。

本研究は、都市内水路の状況を、制度と実態の両面から検討し、それをもとに都市における水路のあり方について提言を試みるものである。特にその際、水路が公共物としてのみ扱われる現行制度下において、居住者の利用や私的管理を排除する方向に進みがちな状況に対し、水路空間が本来有している「公」と「私」の両義性を再

評価することにより、都市居住の環境要素としての水路再生の可能性を示すことが意図されている。

本論文は、大きくは日本における都市河川・水路に関する制度の検証と、水郷柳川を対象とした事例検討の2部構成となっている。

著者はまず、日本の都市において河川・水路の位置づけがどのように変わってきたのかを、都市内水路の増減や制度の変遷をもとに辿っている。ここでは、水路が都市から消えていった過程が、上水道の敷設や利水・治水の方針転換などとの関係から考察されている。その経緯を踏まえ、河川法を中心とした現行の法制度を、空間形成の視点から捉え直すことを試みている。とくに都市内水路の多くが「法定外公共物」という定義の曖昧な存在として位置づけられていること、またそれらの法制度が結果的に水際空間の利用への制限として作用する構造となっていることなどを明らかにしている。一方で、昨今の施策にみられる河川・水路の都市空間的再評価の動きを解説するとともに、その具体例として、大阪市ほか7つの地方自治体で取り組まれている河川・水路空間の「社会実験」や、独自に制定された条例を分析・評価し、それらをもとに現行制度の枠組みと課題をまとめている。

第2部では、城下町時代からの水路ネットワークを現在も残す柳川市を対象として、その伝統的空間構造と近代以降の施策の影響を検討している。まず、柳川の堀割・水路を広域の水系の中で位置づけ、また有明海沿岸の低湿地帯という地理的条件のもとで発達した「モタセ」と呼ばれる水制御システムについて解説し、それが近世の柳川の都市構造とどのように対応していたのかを絵図等をもとに分析している。柳川の都市構造は近代以降に大きく変化するが、その過程で水路の辿った変遷を、都市施設としての視点から考察している。さらに、「公」と「私」が不可分な水路空間の特性を、3地区の事例分析によって示している。それらはいずれも旧武家地でありながら、地区構造の違いによって水路の形状、家々の水路の利用形態、さらに管理方式もそれぞれ異なっており、水路空間の多様なあり方とその変容過程が丹念な分析により示されている。

柳川の事例検討の後半では、明治期に始まる水路関係の施策をリストアップし、それらを目的に応じて整理し、その社会背景や柳川の水際空間に与えた影響について考察している。柳川では、昭和52年(1977)に行われた、主要な堀割を残して水路を埋立て・下水路化するという議会決定が、市職員の進言等を契機に覆され、水路を全面的に残すことに方向転換されたことがよく知られているが、それ以前から水路の維持や利用に関する施策が継続的に取り組まれ、また昭和40年代からは堀割を観光資源として位置づけた施策、さらに昭和52年(1977)の方向転換以降は市民参加による水路管理の提唱、そして最近で

は水路以外も含め街全体の美観整備を目指す施策へと展開していることが示されている。一方で、国土庁の伝統的文化都市環境保存地区整備事業に採択され、昭和54年(1979)からは堀割沿いの遊歩道整備等が行なわれているが、それによって生み出される水路岸が柳川本来の水辺景観とは異なることへの留意を促している。

最後に総括として、柳川の事例検討で得られた知見をまとめ、さらにそれを第1部の制度分析と重ね合わせて、課題の整理と、現在の機械的に「公」と「私」を線引きする考え方を見直すべきとする見解を提示している。

以上のように本論文は、日本の都市における水路空間に関して、その制度の構造的分析を綿密に行ない、一方で水郷柳川を対象として実態を多角的に捉えることにより、長期的視野に立った問題の整理と今後への提言をまとめたものであり、建築計画学および地域政策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) 中村美紀子(福岡県)  
学位記番号 博士(工学)人環博乙第28号  
学位授与の日附 平成19年10月5日  
学位論文題名 自然エネルギーを利用した空気循環式煉瓦造住宅の開発研究

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 渡邊 俊行  
(副査) " " 赤司 泰義  
" " 林 徹夫

#### 論文内容の要旨

2005年2月の京都議定書発効に伴い、温暖化対策の新たな枠組みが検討される中で、住宅における省エネルギーの一層の推進を目的とした施策の検討が始まり、この中でストック対策を主目的としつつ、フロー対策として住宅の建築設備に係る省エネルギー基準を充実するための検討が進められているところである。市場では、各企業や工務店においてようやく技術的な体制も整いつつあり、高断熱高気密化住宅が一般に認知されるようになってきた。一方、空調に係わるエネルギーは、以前の住宅に比べれば外皮性能の向上により削減されているものの、高断熱高気密化住宅において「暖」と「冷」を得るための手段としては、依然として空調システムに依存しがちであり、それに伴う空調時間や空調スペースの増大は、逆に暖冷房エネルギーの増加を招いている可能性がある。さらに、欧米に比べると、まだまだ我が国の暖房水準は低く、住宅性能や暖房水準、快適性の向上などを求める場合、欧米型の全室暖房にシフトしていくことも考えら

れ、住宅におけるエネルギー消費の削減は焦眉の課題である。

本研究の目的は、これらの対策の一環として、煉瓦の熱容量と太陽熱および地中冷熱を活かした空気循環式煉瓦造住宅を開発することであり、その効果を実測調査および数値シミュレーションにより評価し、省エネルギー型住宅を提案することにある。自然エネルギーを有効利用するには、取得した熱を蓄熱し、室内に循環させ、放熱する仕組みが必要となる。ここで注目したのが、明治時代に近代的な不燃材料として使用されていた煉瓦である。建築材料としての不燃性、加工のしやすさ、また熱的性能などの煉瓦の特徴に改めて着目し、日本型の煉瓦造住宅を普及するために研究開発を行った。構造面においては、新組積構法の開発により耐震性や大開口の問題が解決された。一方で、夏型結露やカビの発生などの室内環境上の問題が解決されれば、煉瓦の熱容量を活かした室内熱環境制御システムの導入が可能となり、暖冷房設備に依存しない安定した自然室温と空調時の暖冷房負荷削減を期待することができる。

本研究では、考案した空気循環システムについて、煉瓦壁内の空気層に積極的な空気循環を与えた場合の冬季日中の太陽熱搬送と夜間の煉瓦放熱の効果、また夏季日中の排熱と地中冷熱搬送効果を検証し、さらに実用化に向けた建設検証を行って、新たな省エネルギー住宅としての空気循環式煉瓦造住宅の可能性について検討を行った。本論文は以下の8章より構成される。

第1章では、研究の背景、研究目的および論文構成について述べた。既往の煉瓦造住宅に関する調査研究について紹介し、温暖化対策およびエネルギー需要抑制の観点から求められる新たな住宅設備システムの可能性について、研究の必要性を明らかにした。

第2章では、二室モデルの平屋住宅を想定し、数値シミュレーションにより壁体構成の違いが室内熱環境および暖冷房負荷に与える影響について検討した。さらに、自然エネルギー利用について検討するため、住宅の南面煉瓦壁をトロンブウォールとし、周壁内の中空層に空気を循環させた場合の効果について比較検討した。躯体煉瓦の熱的特性と自然エネルギー利用を組み合わせることにより、暖冷房負荷を低減できることを明らかにした。

第3章では、前章で事前予測した結果を参考に、煉瓦の熱的特性と太陽熱や地中冷熱を有効利用するためのシステムを設置した実験棟を試作し、地域および外界気象の異なる二つの実証実験によって室内の熱環境や機器の運転状況を確認した。第一次実験棟では、主に煉瓦の熱的特性と空気循環の効果を検証し、第二次実験棟では、さらに室内容積およびシステム容量を拡大し、実規模レベルのシステムを組んだ場合の室内熱環境について検証した。我が国の気象条件下で、太陽熱および地中冷熱を



利用した空気循環式煉瓦造住宅の室内熱環境を把握するとともに、制御上の問題点や課題点を具体的に明らかにした。

第4章では、総二階建ての空気循環式煉瓦造住宅実験棟を建設するに当たり、その計画概要について紹介し、数値シミュレーションにより住宅の室内熱環境および暖冷房負荷を把握した。主要な設備として、屋根面に集熱パネル、地中外周にクールチューブを配し、主な制御機器を小屋裏と床下に設置した。数値シミュレーションでは、二室モデルによる検証と同様に、躯体煉瓦の熱的特性と自然エネルギー利用を組み合わせることにより、暖冷房負荷を低減できることを明らかにした。

第5章では、実大規模の実験棟建設概要について述べた。実験棟建設に当たっては、規模も大きく、今回新規に実験的に採用した資材等もあり、他に類のないものであった。よって、実験棟建設における躯体、断熱気密仕様、さらに自然エネルギー利用設備における設計および施工の詳細について述べた。

第6章では、運用段階において、システムを作動させた場合の室内熱環境を把握し、さらに運用時における問題点や課題を整理した。実条件下の室内熱環境を明らかにするとともに、本煉瓦造方式における外壁の気密性の確保、空気循環経路における空気温度や風量の制御および圧力損失の緩和など、今後の実用化に向けて解決しなければならない課題を整理した。

第7章では、数値シミュレーションにより、計画した空気循環式煉瓦造住宅のプランはそのままに、さまざまな省エネルギー技術を採用した場合の室内熱環境や暖冷房負荷を比較し、最適プランの提案を行った。また、建設した空気循環式煉瓦造住宅についても、現状で導入可能な幾つかのタイプについて評価を行い、省エネルギー型の空気循環式煉瓦造住宅の提案を行った。

第8章では、各章で得られた知見をまとめて総括とした。

## 論文調査の要旨

地球上で最も多く見られる住宅は煉瓦造である。しかし、森林資源に恵まれた我が国では木造が主流であり、煉瓦造の住宅はほとんどない。明治期には数多くの煉瓦造の建物が建設されたが、頻発する地震で露呈した耐震性の問題や、結露に起因するカビ発生などの衛生上の問題から、その後は煉瓦造の建物が顧みられなくなった。

そこで開発されたのが SRB-DUP (Steel Reinforced Brick Construction by Distributed Unbond Prestress Theory) 工法の乾式煉瓦造住宅である。これはボルトとナットとプレートにより有孔煉瓦を連結固定しながら組積するもので、大開口を有する壁はもちろん、煉瓦造の柱や梁もつくることことができる。在来型の湿式組積工法と

比較すると、非常に高い耐震性を有し、個々の煉瓦を接着しないため、施工が容易で、解体後の煉瓦の再利用も可能である。

本論文の目的は、この SRB-DUP 工法の住宅において、煉瓦の熱容量と太陽熱および地中冷熱を活かした空気循環式空調システムを開発することである。すなわち、煉瓦壁内の空気層に積極的な空気循環を与えた場合の、冬季日中の太陽熱搬送と夜間の煉瓦放熱の効果、夏季日中の排熱と地中冷熱搬送の効果などを実験的に検証し、快適性と省エネルギー性に優れた空気循環式煉瓦造住宅の有効性を数値シミュレーションにより明らかにしたものである。

著者はまず、温暖化対策およびエネルギー需要抑制の観点から望まれる将来の住宅像について述べている。次に、冬季の太陽熱や夏季の地中冷熱を利用した空気循環式煉瓦造住宅を提案し、壁体構成や空気循環経路の違いが室内温熱環境と暖冷房負荷に及ぼす影響を数値シミュレーションにより予測した。さらに、世界初の SRB-DUP 工法による試験家屋 (床面積約 13m<sup>2</sup>) を建設し、冬季の太陽熱や夏季の地中冷熱を利用した煉瓦の蓄熱効果を実験的に検証した。

次に著者は、延べ床面積 193.8m<sup>2</sup> の総 2 階建て、外壁 SRB-DUP 工法フルブリック仕様の実験住宅において空気循環式煉瓦造住宅の熱的性能を検討している。この外壁は、室内側から煉瓦、循環空気層、真空断熱材、通気層、煉瓦で構成され、この二重煉瓦間に設置した支持材に沿って真空断熱パネルを落とし込むことにより外壁の断熱性と気密性が確保されている。循環空気層には太陽熱によって加熱された温風あるいは地中冷熱や夜間冷気によって冷却された冷風が循環する。この温冷風の有する熱量の一部は室内側煉瓦に蓄熱され、温冷風は煉瓦の空目地から室内側に滲み出す。このとき、室内側煉瓦壁からの放射暖冷房効果が期待される。空気循環経路は、室内循環系、冬季熱源系、夏季熱源系、換気系に分かれ、室内循環系と冬季および夏季熱源系とは顕熱交換器を介して熱交換される。熱源系において自然エネルギーが利用できない場合は、補助熱源で室内循環系の空気が直接加熱あるいは冷却される。換気系は、外壁の給気口より室内に外気を導入し、浴室、便所、廊下などから強制排気する 24 時間の計画換気で、毎時 0.5 回の換気回数が確保されている。冬季は、南側トロンブウォールで暖められた空気が屋根面の空気集熱パネルでさらに加熱され、中央の縦ダクトを通して床下で室内循環系の空気と熱交換し、トロンブウォールへ戻る。暖められた室内循環系の空気は煉瓦壁内の循環空気層に送られ、内側煉瓦を暖めながら室内に送風される。夏季は、地下 3m の深さに埋設されたクールチューブで冷却された空気が床下で室内循環系の空気と熱交換し、屋外へ排気される。冷やされ

た室内循環系の空気は中央の縦ダクトを通過して小屋裏ダクトから煉瓦壁内の循環空気層に送られ、室内側煉瓦を冷やしながら室内に送風される。この一連の実験により、空気循環式煉瓦造住宅の設計上および運転上の問題点を具体的に提示した。

最後に著者は、この実験住宅を対象に数値シミュレーションを行い、さまざまな省エネルギー技術を採用した場合の室内温熱環境や暖冷房負荷を比較し、省エネルギー型の最適仕様を提案している。すなわち、①煉瓦蓄熱部位外側を断熱することにより、年積算暖冷房負荷が削減されること、②冬季の集熱パネルおよび夏季のクールチューブの利用効果は高く、空気搬送経路として二重煉瓦壁内の空気層を利用すれば、内側煉瓦壁からの蓄放熱効果も期待できること、③夏季の日射遮蔽や夜間通風、冬季の日射利用や開口部断熱の効果を併用した低負荷型住宅の提案が可能なこと、④省エネルギー型の空気循環式煉瓦造住宅は、従来の無対策住宅に比べて12~3月の期間積算暖房負荷が約42%、6~9月の期間積算冷房負荷が約57%削減されること、などを定量的に示している。

以上要するに、本論文は、SRB-DUP工法の住宅において、煉瓦の熱容量と冬季の太陽熱や夏季の地中冷熱などを活かした空気循環式空調システムを提案し、本システムを採用した煉瓦造住宅の快適性と省エネルギー性を明らかにするとともに、二重煉瓦壁内の循環空気層から内側煉瓦に蓄熱しながら室内に温冷風を送り込む空調システムの設計法と運用法を提示したものであり、建築環境学上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) 高橋 美保子(福岡県)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第170号  
学位授与の日付 平成20年3月25日  
学位論文題名 都市のサステナビリティ評価の指標と方法に関する研究

論文調査委員  
(主査) 九州大学 教授 出口 敦  
(副査) " " 川瀬 博  
" " 准教授 中山 裕文

### 論文内容の要旨

サステナブル・ディベロップメントを実現するための行動計画であるアジェンダ21に、環境に関するデータの整備及びサステナビリティ評価指標体系の構築が謳われたこと等を契機として、近年、国際的にも様々なサステナビリティ評価手法が検討されている。一方、先進国の都市計画分野では、地球温暖化に代表される地球環境問

題、少子高齢化等の社会問題、中心市街地衰退等の都市問題を背景として、都市拡張を前提とした近代都市計画からサステナブル・シティ形成に主眼を置いた計画への転換期にあるが、都市構造や土地利用と都市のサステナビリティの関係については未だ明らかにされておらず、サステナブル・シティ形成の方策の具体化にあたっては、それらの関係について指標を用いた定量的な分析が求められている。

このような背景のもと、本研究では、世界各地で考案されているサステナビリティ評価手法の事例分析を通じて既往の評価手法の特徴や課題を整理した上で、土地利用政策をサステナビリティの観点から評価する手法の開発、都市のサステナビリティ評価手法が兼ね備えるべき条件の導出及び土地利用政策のサステナビリティ評価システムに関する提案を目的としている。

本論文は序論と結論を含む7章で構成されている。

第1章では序論として、研究の背景、目的、論文の構成と共に、既往研究を整理した上で本論文の意義について述べている。

第2章では、まず、サステナブル・ディベロップメントの概念に関して、収集した101例の言説からキーワードを抽出し、環境、社会、経済、制度というサステナブル・ディベロップメントを構成する4つの領域と、公平性、自立性、多様性という各領域のあるべき状態や性能を表す3つの理念から整理を行い、サステナブル・シティに必要な条件を明確にした。次に既往のサステナビリティ評価手法を指標数、評価の対象、目的等から8タイプに類型化し、各類型の特徴を整理した。また、各手法で用いられている指標を使用頻度から整理し、都市のサステナビリティ評価手法の構築の支援や都市間のサステナビリティの比較を可能とし、異なる都市で共通して使用できる代表指標の抽出、体系的整理を行った。

第3章では、土地利用が影響を与える都市活動として人の移動に着目し、人の移動から排出されるCO<sub>2</sub>量と土地利用の関係について定量的に分析する手法を開発し、開発した手法を福岡市に適用してその有効性を検証した。まず、パーソントリップ調査データ及び交通機関別CO<sub>2</sub>量排出原単位を用いて、生成トリップから排出されるCO<sub>2</sub>量(PT-CO<sub>2</sub>量)を算出する手法を構築し、重回帰分析により居住地区別トリップ当たりPT-CO<sub>2</sub>量と都市構造及び土地利用の関係を定式化した。次に構築した手法を福岡市に適用し、居住者が排出するPT-CO<sub>2</sub>量の観点から、パーソントリップ調査の分析単位である福岡市のCゾーンを5つのタイプに類型化し、各類型の特徴と課題を整理すると共に、地下鉄の導入によるPT-CO<sub>2</sub>量の削減効果の予測を手法の応用事例として提示した。

第4章では、土地利用政策がもたらす便益としてこれまで十分評価されてこなかった環境保全による便益等に

着目し、都市機能を高密度に集約させるコンパクトシティ政策を費用と便益の両面から検討する手法を開発し、開発した手法を福岡市に適用してその有効性を検証した。まず、田園、森林の環境保全効果やインフラコスト等に関する既往の原単位を用いて環境保全の効果を貨幣単位で定量化し、環境会計の考え方を援用した会計システムを構築した。次に、構築したシステムを仮想都市モデル及び福岡市に適用し、コンパクトシティ政策の費用便益を明らかにすると共に、コンパクトシティ形成にかかる費用と環境保全効果の定量的な比較を可能とする手法の有効性を検証した。

第5章では、土地利用政策の立案や意思決定を支援するために、土地利用代替案の効果や影響を定量的に比較評価する手法を開発し、開発した手法を福岡市に適用してその有効性を検証した。まず、土地利用政策が都市のサステナビリティ及び住環境に与える影響を評価するための基本的システムの構成を整理した上で、地理情報システム内に整理した様々な都市データを組み合わせて分析することで土地利用政策の代替案を定量的に比較評価し、土地利用政策の立案や意思決定を支援するシステムを構築した。次に、構築したシステムを福岡市に適用して土地利用代替案を評価し、構築したシステムの援用方法や課題を提示した。

第6章では、まず、サステナビリティ評価指標及びそれに類似する指標による定量評価を導入している7都市の事例について、指標の特徴、指標導入の経緯や成果等を整理した。次に、事例調査から得られた評価の対象、指標、方法、プロセスの特色及び前章までの土地利用のサステナビリティ評価手法の構築と応用から得られた知見に基づき、①評価対象の総合性と地域性、②評価指標の価値規範と代表性、③積分の概念による時間軸の加味、④評価のプロセスにおける市民参加、という都市のサステナビリティ評価手法が兼ね備えるべき条件を導出し、その条件に基づき土地利用政策を都市のサステナビリティの観点から評価するシステムの構成を提案した。

最後に、第7章では、上述までの章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

近年、先進国の都市計画分野では、地球温暖化に代表される地球環境問題、少子高齢化等の社会問題、中心市街地衰退等の都市問題の進展を背景として、サステナブル・シティ形成に主眼を置いた計画への転換期にあるが、都市構造や土地利用と都市のサステナビリティの関係については未だ明らかにされておらず、サステナブル・シティ形成の方策の具体化にあたっては、それらの関係について指標を用いた定量的な分析が求められている。

こうした背景を踏まえ、本論文では、世界各地で考案

されているサステナビリティ評価手法を収集して、その特徴や課題を整理した上で、土地利用政策をサステナビリティの観点から評価する手法を開発すると共に、都市のサステナビリティ評価手法が備えるべき条件の導出及び土地利用政策のサステナビリティ評価システムに関する提案を行っている。

その所見は以下の通り取りまとめられる。

(1) サステナブル・ディベロップメントの概念定義に関して、収集した101例の言説からキーワードを抽出し、環境・社会・経済・制度の4つの領域と公平性・自立性・多様性の3つの理念から整理を行い、サステナブル・シティに必要な条件を明示した。

また、既往のサステナビリティ評価手法を指標数、評価の対象、目的等から8タイプに類型化し、各類型の特徴を明らかにすると共に、様々な都市で共通して使用できる代表指標の抽出とその体系的な整理を行った。

(2) 土地利用が影響を与える都市活動として人の移動に着目し、人の移動から排出されるCO<sub>2</sub>量と土地利用の関係について定量的に分析する手法を開発し、開発した手法を福岡市に適用してその有効性を検証した。まず、パーソントリップ調査データ及び交通機関別CO<sub>2</sub>量排出原単位を用いて、生成トリップから排出されるCO<sub>2</sub>量(PT-CO<sub>2</sub>量)を算出する手法を考案し、重回帰分析により居住地区別トリップ当たりPT-CO<sub>2</sub>量と都市構造及び土地利用の関係を定式化した。次に、その手法を福岡市に適用し、居住者が排出するPT-CO<sub>2</sub>量の観点から、パーソントリップ調査の分析単位である福岡市のCゾーンを5つのタイプに類型化し、各類型の特徴と課題を明らかにした。更に、同市での地下鉄導入によるPT-CO<sub>2</sub>量の削減効果の予測を手法の応用事例として示し、地下鉄建設による排出CO<sub>2</sub>量算定値と対比させ、その量的効果の程度を明らかにした。

(3) 都市機能を高密度に集約させるコンパクトシティ政策がもたらす便益として、田園、森林の環境保全やインフラコスト等に関する便益を既往の原単位を用いて貨幣単位で定量化することにより、環境会計の考え方を援用した土地利用政策の費用便益の比較評価手法を開発した。

更に、開発した手法を仮想都市モデルと福岡市に適用してその有効性を明らかにした。即ち、仮想都市モデルにおいて、人口増加と人口減少の2つの異なる人口動態の条件下で費用便益を比較し、人口増加の条件下では、コンパクトシティ形成の便益が費用を上回るのに対し、人口減少の条件下では、費用が便益を上回ることを明らかにした。福岡市における検討では、2030年を境に人口増加から減少に転じる予測下で、現在の市街地面積を維持する政策をとった場合、向こう100年間の評価期間で費用が便益を上回ることを明らかにし、加えて、費用を低減し、便益を向上させるために必要な方策を提示した。

(4) 土地利用政策の立案や意思決定を支援するために、土地利用政策の代替案の効果や影響を定量的に比較評価するシステムを開発し、開発したシステムを福岡市に適用してその有効性を明らかにした。まず、地理情報システム内に人口や土地利用等の都市データを統合し、その統合化データを基に、土地利用予測の方法と土地利用が都市のサステナビリティ及び住環境に及ぼす影響の定量化方法を組み合わせることによりシステムを構築した。次に、構築したシステムを福岡市に適用して、土地利用政策代替案の評価を行い、人口を駅周辺に集中させる公共交通指向型土地利用政策の効果として、CO<sub>2</sub>排出等の環境性や公共サービスコスト等の経済性はトレンド型の土地利用に比して向上すること、また、居住者の安全性と快適性は相対的に低下する課題があることを明らかにした。

(5) サステナビリティ評価指標及びそれに類似する指標による定量評価を導入している7都市の事例調査から得られた評価の対象、指標、方法、プロセスの特色の整理と前章までの土地利用のサステナビリティ評価手法の構築と応用から得られた知見に基づき、①評価対象の総合性と地域性、②評価指標の価値規範と代表性、③積分の概念による時間軸の加味、④評価のプロセスにおける市民参加、という都市のサステナビリティ評価手法が兼ね備えるべき条件を導出し、その条件に基づき土地利用政策をサステナビリティの観点から評価するシステムの構成を提案した。

以上、本論文は、都市のサステナビリティ評価の指標と方法の体系的な整理及び土地利用政策をサステナビリティの観点から評価する手法の開発を通じて、都市のサステナビリティ評価手法が備えるべき条件を導き出し、土地利用政策のサステナビリティ評価システムに関する提案を行ったものであり、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（工学）の学位に値するものと認める。

~~~~~

氏名（本籍） 長 聡 子（福岡県）  
学位記番号 博士（工 学）人環博甲第 171 号  
学位授与の日附 平成 20 年 3 月 25 日  
学位論文題名 歩行者を中心とした都心空間の計画とマネジメントに関する研究

論文調査委員  
（主 査） 九州大学 教 授 出 口 敦  
（副 査） " " 菊 地 成 朋  
" " " 西 山 徳 明

## 論文内容の要旨

近年、わが国の多くの都市が歩行者優先のまちづくりを計画目標に掲げており、全国各地の都市で歩行者の利便性を高めるため、道路の歩行者専用化等の実験的な取り組みを行っている。このように歩行者の視点から都心空間を計画し、マネジメントすることの重要性の認識は高まっているものの、その方法や仕組みについては未だ体系化されていない。

よって本研究では、近年の社会的背景の下での歩行者に関わる重要な計画要素として道案内システム、休憩空間、通学路に着目し、これらを対象とした実験や調査を通じて、歩行者の行動やニーズに適応した計画要素の特色や課題を整理し、更にエリアマネジメントに関する調査を通じて、地域が主体となって歩行者を中心とした都心空間を計画し、マネジメントするための方法や仕組みについて論じることを目的としている。

本論文は、序論、本論及び結論の7つの章より構成されている。

第一章では序論として、研究の背景、目的、対象及び方法について述べ、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確にしている。

第二章では、まず都心の土地利用の実態を把握するため、近年、土地利用上の課題として認識されている低未利用地のうち路外駐車場を対象に調査及び統計分析を行い、その成果をまとめている。

具体的には、福岡市天神地区とその周縁5地区の路外駐車場を対象に、まず駐車場の立地や空間特性に関する統計分析から、都心と都心周縁地区の駐車場の異なる特徴を整理した。また、駐車場の用途転換に関する過去30年の統計分析より、用途転換が地区内でバランスよく起こることで一定量の駐車場を確保しながらも、駐車場が新たな用途へ転用されることで、都心の機能更新を円滑に進める役割も担ってきたことを明らかにした。

第三章では、街歩きにおけるわかりやすさを向上させる道案内システムの効果や課題を明らかにするため、「通り名」を利用した道案内システム導入の社会実験を通じた調査及び分析を行い、その成果をまとめている。

社会実験は福岡市天神・大名地区で実施し、まず経路探索調査結果を基に、効率的な経路選択や迷いの軽減に対する効果を明らかにした。次に、「通り名」に対する印象や評価に関するアンケート調査より、「通り名」の経路選択時の目印としての役割や通りに対する関心を高める等の多面的効果を整理した。また、通りの特性に応じた「通り名」の命名方法に関する課題が見出されたことから、道案内システムの効果を向上させる命名方法を提案した。即ち、まず「通り名」の目印としての性能評価と道路幅員や周辺の主要施設数等の街路特性との相関関係

を抽出し、続いてこれら街路特性を基にクラスター分析によって7タイプに類型化した街路類型に基づいて、覚えやすさやアイデンティティの表現性等の求められる性能に応じた「通り名」のタイプ選定方法を導き出した。

第四章では、歩行者の回遊性や快適性を向上させる休憩空間の特色や課題を明らかにするため、休憩空間の配置や空間構成、利用実態に関する調査を行い、休憩空間の利用度と配置構成の関係について分析している。

調査対象として福岡市天神地区における大規模商業施設群内の177ヶ所の無料休憩空間を抽出し、配置や空間構成、利用者数等に関するデータを現地調査によって収集した。収集したデータに対し、数量化I類による多変量解析を行い、休憩空間の利用度と水平・垂直歩行者動線及び空間内の休憩以外の機能の有無との関係性を整理した。加えて、水平・垂直歩行者動線との配置関係に基づいて休憩空間を4タイプに類型化し、この類型を用いて商業施設の平面計画と断面計画の両面から各類型の立地特性を整理した。更に、平面計画の特徴が休憩空間の利用度の高さに影響を与えること、及び水平動線端部に設置された休憩以外の行為を可能とする機能を兼備した休憩空間の利用度が低いことを明らかにし、平面・断面計画や水平・垂直歩行者動線との関係性に配慮した休憩空間の配置計画の必要性を指摘した。

第五章では、子どもの通学路の安全性を向上させる方法や仕組みを考案するため、街路空間、児童の通学経路、安全対策活動に関する調査及び分析を行い、その成果をまとめている。

まず、安全性に配慮したデザイン手法や既往の理論、及び全国的な通学路の安全対策に関する文献資料調査を行い、本研究における安全性の考え方を整理した。続いて、福岡市の都心居住地として共同住宅への建替えが進む博多小学校区を対象に、全校児童の通学経路や安全対策活動に関する調査を行い、安全性向上に必要な課題として、基本通学路の選定基準への沿道条件に関する項目の追加や児童の通学交通量と周辺環境を考慮した安全対策活動の実施地点の選定等を指摘した。次に、既往の理論及び手法の整理と実態調査による課題整理を通じて得られた安全性向上のための必要事項を基に、通学環境の安全性評価指標群を作成し、対象区域全域の620街路の安全性評価を行った。この評価値に従って街路を7タイプに類型化し、類型別の安全性向上策を検討する方法とプロセスを提案した。

第六章では、地域が主体となって歩行者を中心とした都心空間を計画し、マネジメントするための方法や仕組みを提示することを目的に、エリアマネジメントの国内の先進事例10地区17組織を対象とした調査を行い、地域主体の計画の策定とマネジメントに求められる条件や今後の課題をまとめている。

まず、エリアマネジメントの組織体制や活動内容を調査し、特徴を整理した上で、各組織が策定した地区の将来計画の策定方法や計画内容、運用方法、計画の実現化手法の整理と類型化を行った。次に、先進事例の特徴の整理と類型化に基づき、地域主体の計画の策定とマネジメントに求められる条件として、①計画理念や方針の共有、②計画策定手法・体制の公平性と透明性、③地区特性に適応した実現化手法の選定、④計画効力の維持、⑤状況変化に対する運用や見直しの柔軟性、の5点を導出した。更に、歩行者を中心とした都心空間を実現するエリアマネジメントの導入と発展の課題として、都心の歩行者の多様性への配慮の必要性を指摘し、その課題に対応していくためのエリアマネジメントの方針を提案した。

最後に、第七章では、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

近年、わが国において都心の再活性化や都心再生が課題となる中、その解決策として、既存の道路等の公共空間の利活用を進め、都市再開発に依存せずに歩行者の快適性や利便性の向上を図る取り組みが全国各地で行われてきているが、その方法や仕組みは未だ体系化されていない。

本論文では、都心空間の実態調査や歩行者に配慮した計画手法の検証を通じて、計画手法の効果や課題を明らかにし、更にエリアマネジメントに関する調査を通じて、地域が主体となって歩行者を中心とした都心空間を計画し、マネジメントするための方法や仕組みについて論じている。

その所見は以下の通り取りまとめられる。

(1) 都心の土地利用上の課題とされている低未利用地のうち、路外駐車場を対象に立地や空間特性、駐車場利用、用途転換に関する調査及び統計分析を行い、実態と傾向を明らかにした。

(2) 「通り名」を利用した道案内システム導入の社会実験を通じた調査及び分析を行い、歩行者から見た都市空間のわかりやすさを向上させる道案内システムの効果や課題を明らかにした。即ち、福岡市天神・大名地区を対象にした社会実験において実施した経路探索調査の結果に基づいて、効率的な経路選択や迷いの軽減に対する効果を明らかにし、更に、アンケート調査結果に基づいて、経路選択時の目印としての役割や通りに対する関心を高める等の「通り名」の多面的効果を整理した。その上で、実験結果の考察から、道案内システムの効果を向上させる「通り名」の命名方法を提案した。

(3) 休憩空間の配置や空間構成、利用実態に関する調査を行い、休憩空間の利用度と配置構成の関係に関する分析を行い、その特色や課題を明らかにした。調査対象と

して、福岡市天神地区の大規模商業施設群内に設置された177ヶ所の無料休憩空間を抽出し、現地調査によって収集した配置や空間構成、利用者数等のデータに対し、数量化I類による多変量解析を行い、休憩空間の利用度と水平・垂直歩行者動線及び空間内の休憩以外の機能の有無との関係性を整理した。

続いて、水平・垂直歩行者動線との配置関係に基づく休憩空間の類型化を行い、商業施設の平面計画と断面計画の両面から各類型の立地特性を整理した。更に、実態分析から平面・断面計画や水平・垂直歩行者動線との関係性に配慮した休憩空間の配置計画の必要性を指摘した。

(4) 子どもの通学環境の観点から都心を捉え、都心における通学路の安全性と安全対策活動に関する調査及び分析を行い、通学路の安全性評価と安全性向上の方法や仕組みを提案した。まず、通学路等の安全性に関する考え方を整理した上で、福岡市立博多小学校を対象に、全校児童の通学経路や安全対策活動に関する独自の調査を実施し、調査結果から、基本通学路の選定基準への沿道条件に関する項目の追加や児童の通学交通量と周辺環境を考慮した安全対策活動の実施地点の選定等を安全性向上に必要な課題として指摘した。

更に、通学環境の安全性評価指標群を作成して、対象区域全域の620街路の安全性評価を行い、この評価結果から街路を7タイプに類型化し、類型別の安全性向上策を検討する方法とプロセスを提案した。

(5) エリアマネジメント組織の国内の先進事例10地区17組織を対象とした文献資料調査、及び現地調査を行い、組織体制や活動内容の整理、各組織が策定した地区の将来計画の策定方法、計画内容とその実現化手法の整理と類型化から、地域主体の計画の策定とマネジメントに関する傾向と特徴、及び今後の課題を明らかにした。

(6) 以上の結果に基づき、地域主体の計画の策定とマネジメントに求められる条件として、①計画理念や方針の共有、②計画策定手法・体制の公平性と透明性、③地区特性に適應した実現化手法の選定、④計画効力の維持、⑤状況変化に対する運用や見直しの柔軟性、の5点を導き出し、更に、歩行者を中心とした都心空間を実現するエリアマネジメントの導入と発展の課題として、都心の歩行者の多様性への配慮の必要性を指摘し、その課題に対応していくためのエリアマネジメントの方針を提案した。

以上、要するに、本論文は、都心空間をより快適で安全に歩行者が利用するための計画とマネジメントに関する研究成果として、駐車場に着目した都心の低未利用地の実態と傾向、休憩空間の利用と配置構成に関する課題、「通り名」を利用した道案内システム導入の効果と課題、子どもの通学環境の安全性評価と安全性向上の方策、及びエリアマネジメント組織の先進事例の動向と課題を明

らかにすると共に、地域が主体となって行う歩行者を中心とした都心空間を計画し、マネジメントするための条件と方向性を導き出しており、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(工学)の学位に値するものと認める。

氏名(本籍) 穉山靖司(福岡県)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第172号  
学位授与の日附 平成20年3月25日  
学位論文題名 コンクリート充填円形鋼管の部材および接合部に関する新構法の研究

論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 河野昭彦  
(副査) " " 崎野健治  
" 北九州大学 " 津田恵吾

### 論文内容の要旨

コンクリート充填円形鋼管(円形CFT)は、現状ではコンクリート充填角形鋼管(角形CFT)に比べて使用量が少ない。しかし、円形CFTは見た目がシンプルで美しいために、建築計画上、多くの人の目に触れるところにも使いやすいこと、施工時にコンクリートを圧入する場合には角形CFTよりも内圧に対する抵抗力が大きいこと、および内部のコンクリートが鋼管によって拘束されて三軸圧縮状態になりコンクリートの強度が上昇する、いわゆる‘コンファインド効果’が角形CFTより顕著であることなど優れた点が多い。これらの利点を活かす工夫をすれば円形CFTは今以上に使われるようになるはずである。円形CFTの利点を増進する具体的方法は種々考えられるが、例えば部材そのものについてはコンファインド効果をさらに高めるために充填コンクリートにプレストレスをかけることが有効と思われる。また、円形CFTをトラスでは主管と支管の両部材に、ラーメンでは柱と梁の両部材に使用すれば従来のトラスやラーメンより構造性能が優れた骨組が期待できるので、これを可能とする接合部の開発が考えられる。さらに、部材同士を直列に繋いだ継手については円形CFTの特性を活かした差し込み継手を用いることによって、従来の完全溶け込み溶接や部分溶け込み溶接の継手に代わる施工性が高い継手が実現可能と考えられる。

以上から、本論文では円形CFTの利点を十分に活かすことを目的として、充填コンクリートにプレストレスを導入した円形CFT部材、円形CFT十字形接合部、および円形CFT継手の各新構法に対して、実験と解析を行い、それぞれの剛性、耐力、および変形性能について調査し、設計法を提案した。各章で求められた知見の要点は下記

の通りである。

第1章では、本論文の目的、および本論文の構成について述べている。

第2章では、コンファインド効果を有効に利用するためにプレストレスを導入したコンクリート充填鋼管部材に曲げを作用する実験を行った。実験の結果、プレストレスを導入することにより鋼管には局部座屈が生じるが荷重低下はなく、きわめて靱性に富んだ性状を示すこと、プレストレス量が軸耐力の0.3倍のときに降伏耐力が最大となることなどを明らかにした。また、鋼とコンクリートの累加強度に基づいた剛性と耐力の評価法を提案した。初期曲げ剛性は、鋼管とコンクリートの平面保持を仮定し、プレストレス量によってコンクリートの弾性・非弾性の応力状態を定めることにより評価できること、曲げ降伏耐力は、鋼管とコンクリートの間の軸方向ひずみ差を考慮し、コンクリートの応力-ひずみ関係を完全弾塑性と仮定することによって評価できること、さらに、曲げ終局耐力は、鋼管のコンクリートに対する拘束応力度を推定してコンクリートの強度上昇を考慮し、それを用いた単純累加強度によって評価できることを示した。これらの結果に基づいてそれぞれ評価式を提案した。

第3章では、プレストレスを導入した円形CFT同士を十字に接合した十字形接合部に面内曲げモーメントを与える実験を行った。試験体は、鋼管については枝出し加工によって主管に受け口を作ってこれに支管を突合せ溶接したものであり、鋼管内部にはコンクリートを充填し、さらにプレストレスを導入している。実験変数は、主管の外径と厚さの比  $D/T$ 、支管の外径と主管の外径の比  $d/D$ 、主管への外部軸力  $N$  の有無であり、試験体数は11体（うち比較用3体）である。実験から、この接合部は従来の接合部に比べ靱性に富んだ性状を示すこと、接合部の曲げ剛性、降伏耐力、および終局耐力は  $D/T$  が小さいほど、また  $d/D$  が大きいほど大きくなること、主管への外部軸力の有無は継手の剛性、耐力にほとんど影響しないこと、およびプレストレスを導入することによって降伏耐力が20%ほど増大することを明らかにした。また、実験結果に基づいて、接合部の弾性剛性、降伏耐力、終局耐力の評価式を提案した。実験に基づく考察より、この接合部は固定度の高い分岐継手として期待できるため、フィーレンディールトラスや面内せん断抵抗を高めた格子形シェル要素として利用できるばかりでなく、ラーメン構造の柱梁接合部にも適用可能であることを示した。

第4章では、円形CFTの部材同士を繋ぐ差し込み継手の実験および解析を行った。この継手は溶接を用いないため、従来の溶接継手と比較して施工が簡易になると共に構造信頼性も高まる。この継手について、片持ち梁形式の曲げ実験を行い、さらに実験結果に基づいて骨組解析のための弾塑性力学モデルを提案した。実験では、差

し込み継手の初期剛性、降伏耐力、および最大耐力は、差し込み長さが長いほど、被差し込み側鋼管の径厚比が小さいほど大きくなることを明らかにした。また、差し込み長さを鋼管外径の1.5倍以上とすれば、溶接継手と比べて遜色ない性能が得られることを明らかにした。解析では、被差し込み側鋼管をトラスモデルに置換し、差し込み側鋼管を線材モデルに置換した弾塑性力学モデルを提案し、これを用いて差し込み継手部分の荷重変形関係のスケルトンカーブを提案した。スケルトンカーブはトリリニアールで構成し、これを用いることによって継手の影響を考慮した円形CFT部材の合理的な設計が可能であることを示した。

第5章では、プレストレスを導入することによって円形CFT部材がきわめて靱性に富んだ性状を示すこと、その部材同士の十字形接合部は固定度が高く、フィーレンディールトラスの節点やラーメン構造の柱梁接合部に利用可能であること、および円形CFT同士を繋ぐ差し込み継手は施工が簡易である上に従来の溶接継手と遜色のない性能を持つことを明らかにすると共に、それぞれの構造性能の評価式を提案して当該構法の実用化に必要な資料を整えたことを記して総括とした。

## 論文調査の要旨

コンクリート充填円形鋼管（円形CFT）は、現状ではコンクリート充填角形鋼管（角形CFT）に比べて使用量が少ないが、シンプルな概観のために、建築計画上も多くの人の目に触れる場所に使い易いこと、一般的な施工方法であるコンクリート圧入の場合に内圧に対する抵抗力が大きいこと、および充填コンクリートの強度が鋼管の拘束によって上昇する‘コンファインド効果’が期待できることなど優れた点が多い。また、CFT柱の継手はこれまで鋼管同士の溶接が必須とされているが、円形断面であれば鋼管同士の差し込み継手も十分な構造性能が期待できるため、製作・施工の大幅な合理化を図ることが可能である。したがって、これらの利点を活かす工夫をすれば円形CFTはさらに普及するものと思われる。

以上の観点から、本論文では、円形CFTの利点をさらに活用することを目的として、充填コンクリートにプレストレスを導入しコンファインド効果を高めた円形CFT部材およびこれらの部材を十字形に接合した円形CFT接合部、さらに、円形CFT部材の差し込み継手について実験と解析を行い、剛性、耐力、および変形性能について調査し、設計法を提案している。

まず、プレストレス円形CFT部材については、部材中央に集中横力を作用する曲げ実験を行い、プレストレスの導入により荷重低下はなく、きわめて靱性に富んだ性状を示すこと、プレストレス軸力が軸耐力の0.3倍のときに降伏耐力が最大となることなどを明らかにした。

また、鋼とプレストレス軸力を考慮したコンクリートの累加強度に基づいた剛性と耐力の評価法を提案し、実験結果を精度よく評価できることを示している。

次に、プレストレスを導入した円形 CFT 同士を十字に接合した十字形接合部に面内曲げモーメントを与える実験を行っている。試験体は、鋼管については枝出し加工によって主管に受け口を作ってこれに支管を突合せ溶接したものであり、鋼管内部にはコンクリートを充填し、さらにプレストレスを導入している。実験結果から、この接合部は従来に比べて固定度が高く、靱性に富み、降伏耐力も 20%ほど高いなど構造性能が非常に優れており、フィレンディールトラスや格子形シェル要素のほか、ラーメン構造に対しても高性能な接合部として幅広く適用可能であることを明らかにしている。また、実験結果を基に理論的考察を行い、構造設計で必要となる接合剛性、降伏耐力、終局耐力の評価式を提案している。

さらに、円形 CFT の部材同士を繋ぐ差し込み継手の実験および解析を行っている。この継手は溶接を用いないため、従来と比較して施工が簡易で信頼性も高い。片持ち梁形式の曲げ実験結果から、初期剛性、降伏耐力および最大耐力は、差し込み長さが長いほど、被差し込み側鋼管の径厚比が小さいほど高いことを明らかにしている。また、差し込み長さを鋼管外径の 1.5 倍以上とすれば、溶接継手と遜色ない性能が得られることを明らかにしている。さらに、骨組解析に継手の変形を考慮するため、継手部分の復元力特性モデルを提案している。

以上要するに、本論文は、円形 CFT の構造性能向上を目的として、プレストレスト円形 CFT 部材およびその部材同士の十字形接合部、さらに円形 CFT 差し込み継手に関する新構法開発を行ったもので、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) 本間 真 (大阪府)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第 174 号  
学位授与の日附 平成 20 年 3 月 25 日  
学位論文題名 1 筒身鉄塔支持型煙突における渦励振に対する制振装置の開発に関する研究  
論文調査委員  
(主査) 九州大学 教授 前田 潤 滋  
(副査) " " 川瀬 博  
" " 河野 昭彦

## 論文内容の要旨

自立型鋼製煙突には円形断面を採用することが多いが、

ある条件が整った場合に、風向と直交方向に振動する、いわゆる渦励振現象が発生することはよく知られており、その振動対策が世界各地で報告されてきた。我が国では、火力発電所やプラントの鋼製煙突でその高さが 100m を超えるような場合、鉄塔支持型煙突と呼ばれる構造様式が採用されることが多い。その理由として、耐震性に有利な軽量な構造であることや自立型煙突に比べて架設時での施工性・作業性およびメンテナンス性に優れていることが挙げられるとともに、筒身の周りに配置される支持鉄塔が風の流れを乱すことやボルト接合部による構造減衰などによる渦励振抑制効果が期待されてきた。しかしながら実際には鉄塔支持型煙突の風による動的応答特性に関する実測研究は数例にとどまっているために、強風時での挙動はほとんど明らかにされておらず、鉄塔支持型煙突の渦励振に対する評価方法や設計指針が示されないまま多くの鉄塔支持型煙突が建設されてきた。

近年、大型台風の日本への襲来数の増加傾向に加え、実機煙突の風応答観測結果から、鉄塔支持型煙突で大振幅の渦励振が発生した事例が報告されるようになり、鉄塔支持型煙突の渦励振に対する評価方法および既存の鉄塔支持型煙突に対する対策の確立が喫緊の課題になっている中で、2007 年の建築基準法改正により高さが 60m を超える煙突は振動に対する検討を行うことが必須事項となる等、鉄塔支持型煙突の強風に対する安全対策がより重要になっている。

このような背景の下、本論文は鉄塔支持型煙突の渦励振制御に有効な制振装置を開発し、同装置を設置した既設および新設の 1 筒身鉄塔支持型煙突での加振試験による制振効果の検証結果と長期にわたる強風観測から得られた同装置の有用性について取り纏めたものであり、本論文を以下の 7 章で構成した。

第 1 章では、国内における煙突建設に関する準拠法令と国内外の煙突の渦励振に対する設計手法をまとめ、自立型煙突の渦励振現象とその振動制御方法および鉄塔支持型煙突の動的応答特性に関する既往の研究を整理し、鉄塔支持型煙突の制振装置の開発の背景と本研究の目的を示した。

第 2 章では、鉄塔支持型煙突を含む国内の大型鋼製煙突の現況を把握するために、煙突の建設状況の調査を行った。その結果、高度経済成長期以降大型鋼製煙突の新規建設数そのものは他種の煙突に比べて多くはないものの、発電用途など公共性が高く長期使用を想定したものであることを述べた。また国内外の自立型煙突の渦励振に対する設計評価式を鉄塔支持型煙突に適用した場合には、実機の風観測時における振動振幅より過小評価すること、および現行の自立型煙突向けの渦励振に対する設計手法では渦励振の検討そのものが省略されてしまう危険性があることを明らかにした。



第3章では、渦励振評価を行うための鉄塔支持型煙突の力学モデルを作成し、実機鉄塔支持型煙突との整合性を比較検討した。力学モデルは3次元フレームモデルと多質点系梁モデルを採用し、さらに多質点系梁モデルの梁剛性については3次元フレームモデルから柔性マトリックスを算出する方法と建築学会「塔状鋼構造設計指針同解説(1980)」に準じた方法、および単位荷重法による等価剛性を算出する方法を検討した。その結果、3次元フレームモデルの頂部に単位荷重を加えた場合には、荷重の載荷方向と逆方向に変位が生じる部位が発生する場合があること、渦励振現象の検討に必要な低次の固有値成分の整合性を優先することで多質点系梁モデルによる実機煙突の固有振動特性の再現が可能であること、および力学モデルの剛性分布は学会指針が示す算出方法では実機観測結果と乖離が生じる場合があること、などを明らかにした。

第4章では、鉄塔支持型鋼製煙突の渦励振制御として制振装置を用いる方法を検討した。制振装置として、一般建築物や自立型煙突で実績のある同調質量型ダンパを選定し、実機鉄塔支持型煙突への搭載のための試設計と風洞試験による乱流場での制振効果の確認を行った。風洞試験の結果、制振装置を作動させない状態での渦励振現象の発生の確認、および制振装置を作動させた状態における渦励振現象の制振効果を風洞試験上で再現できた。また風洞試験では、応答振幅量に風向依存性がないことを明らかにした。

第5章では、4章で試設計した鉄塔支持型煙突用制振装置を実際に製作して既設の鉄塔支持型煙突に搭載し、人力加振試験によってその制振性能を検証した。また、新設の鉄塔支持型煙突についても同様の制振装置を搭載して人力加振試験を行って、その減衰特性を確認した。これらの結果、いずれの煙突においても本研究によって開発した制振装置の作動時には非作動時に比べて減衰性能が大きく改善されることを明らかにした。

第6章では、既設の鉄塔支持型煙突への制振装置の設置後を含めた長期にわたる風応答観測を実施し、実環境下における制振装置の効果の確認を行った。その結果、制振装置搭載前には渦励振現象が観測された鉄塔支持型煙突において、搭載後では渦励振現象が観測されないことを実証した。また、渦励振評価の一方法として、煙突の質量と構造減衰および煙突の径の比で定義されるスクルートン数を用い、鉄塔支持型煙突のスクルートン数を大きくすることで渦励振時の振動振幅を小さく制御できることを示した。

第7章では、本論文の総括と今後の展望をまとめた。

## 論文調査の要旨

自立型鋼製煙突には円形断面を採用することが多いが、

この構造様式には、風向に直交方向の振動、いわゆる渦励振現象による振動対策が必須であることはよく知られている。我が国では、火力発電所やプラントの鋼製煙突は環境対策のためその高さが200mを超える場合がほとんどであるが、耐震性や施工性およびメンテナンス性に有利な鉄塔支持型煙突が採用されることが多い。この構造様式には、煙突筒身周りに配置される支持鉄塔部材が風の流れを乱すことや鉄塔部の構造減衰などが渦励振抑制に効果があるとされてきた。しかしながら近年の大型台風通過時での実機風応答観測から、鉄塔支持型煙突に大振幅の渦励振が発生した事例が報告されるようになり、鉄塔支持型煙突の渦励振に対する評価手順の見直しや既存の鉄塔支持型煙突に対する強風対策が急務の課題となっている。

このような状況の下、著者は鉄塔支持型煙突の形態に合わせた同調質量型制振装置を開発して、長期にわたる強風観測から1筒身の鉄塔支持型煙突での同装置の制振性能を検証するとともに、鉄塔支持型煙突の渦励振制御パラメータの評価方法を論点として本論文を展開し、その所見を以下のように取り纏めている。

まず著者は、高度経済成長期以降の大型鋼製煙突の新規建設において、鉄塔支持型煙突が発電用途など公共性が高く長期使用を想定したものであることを示し、国内外の自立型煙突の渦励振に対する設計評価式を鉄塔支持型煙突に適用した場合には、実機の風観測時における振動振幅より過小評価となること、および現行の自立型煙突の渦励振に対する設計手法では渦励振の検討そのものが省略されてしまう危険性があることを明らかにした。

また、渦励振評価を行うための1筒身鉄塔支持型煙突の力学モデルに3次元フレームモデルと多質点系梁モデルを採用して、多質点系梁モデルの梁剛性を3次元フレームモデルから柔性マトリックスを算出する方法、建築学会指針「塔状鋼構造設計指針同解説(1980)」に準じた方法、および単位荷重法による等価剛性を算出する方法で検討し、渦励振現象の検討に必要な実機煙突の低次の固有振動特性の再現が多質点系梁モデルで可能であること、および学会指針が示す算出方法による力学モデルの剛性分布は実機観測結果と乖離が生じる場合があること、などを明らかにした。

さらに、制振装置として一般建築物で実績のある同調質量型の制振装置を実機鉄塔支持型煙突固有の構造形態に合わせて開発工夫し、風洞試験による乱流場での制振効果の検証を行って、制振装置を作動させない状態での渦励振の発生および制振装置の作動下での渦励振の抑制効果を確認している。また既設あるいは新設の鉄塔支持型煙突に同装置を搭載し、人力加振試験と長期にわたる強風応答観測結果から、同装置搭載前に観測された渦励振現象が搭載後では観測されないことを実証した。

最後に、渦励振評価の方法として、煙突質量と構造減衰および煙突の径の比で定義されるスクルートン数を用い、鉄塔支持型煙突のスクルートン数を大きくすることで渦励振時の振動振幅を小さく制御できることを示した。

以上要するに本論文は、強風下における鉄塔支持型鋼製煙突の渦励振抑制のための制振装置を開発し、風洞実験及び実観測でその振動抑制効果を確認するとともに、煙突の渦励振抑制の指針となるパラメータの評価法に関する新たな知見をとりまとめたもので、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) ドルジャパラム サルーラ(モンゴル)  
学位記番号 博士(工学)人環博甲第176号  
学位授与の日附 平成20年3月26日  
学位論文題名 Experimental and Numerical Study  
on Dynamic Properties of Masonry  
Walls and Structure  
(煉瓦壁体・構造物の動特性に対する  
実験的及び数値解析的研究)

#### 論文調査委員

(主査) 九州大学 教授 川瀬 博  
(副査) " " 前田 潤 滋  
" " 准教授 山口 謙太郎

#### 論文内容の要旨

本研究の目的は、従来型煉瓦造及び新しいタイプの乾式補強煉瓦造 SRB-DUP 煉瓦造の動的な挙動を評価すること、及びそのシミュレーションモデルを開発することである。

SRB-DUP 煉瓦造とは、Steel Reinforced Brick based on Distributed Unbond Prestress の略で、ボルトによるプレストレスを導入した乾式煉瓦造構造である。この新しい構造システムは環境負荷の低減につながるリユース可能でかつ耐震性の高い構造の一つとして開発された。SRB-DUP 構造ではそれを構成する異種材料を結合しておらず、そのまま再利用することが可能となっている。また地震による水平力に対してはプレストレスに比例する摩擦力で抵抗し、変形性能は煉瓦と鋼板の間のすべりによって確保されている。このように SRB-DUP 構造は優れた煉瓦造であるが、これまでその静的挙動に関する研究は精力的に行われてきたものの、動的挙動に関する研究は十分なされてきていなかった。そこで本研究では従来型煉瓦造と SRB-DUP 煉瓦造の動的特性に着目して実験的およびその数値解析的研究を実施したものである。

以下、第1章では本研究の背景と目的、およびその概要を説明する。本研究で採用している数値解析に関するアプローチについても概説する。

第2章では、煉瓦造の性能評価や破壊メカニズム、およびその数値解析モデルと設計方法に関する既往の研究論文のレビューを報告する。特に SRB-DUP 煉瓦造が本研究の主眼なので、既実施済みの SRB-DUP 煉瓦造に関する研究の概要については詳細にレビューした。

第3章では、従来型煉瓦造の材料試験結果について記述している。煉瓦単体、モルタル試験体、煉瓦プリズム等の圧縮試験および圧縮せん断試験の結果を報告し、それから求めた材料のヤング率、ポアソン比、圧縮強度、引張強度、せん断強度、摩擦係数、および粘着力などの物理特性を整理した。これらは第6章の数値解析モデルにおいて利用される。

第4章では、SRB-DUP 煉瓦壁体に対する振動台試験について報告している。壁体はスイープ正弦波および観測地震波形によって加振され、その観測加速度波形の入力と出力のスペクトル比から共振周波数を、自由振動波形から減衰率を求めた。その結果、共振振動数は入力加速度レベルの増大に伴って徐々に低下すること、一旦低下した振動数も一日置くことで多少回復することがわかった。また大振幅加振を実施した場合でも SRB-DUP 壁体は粘り強く抵抗し、1,000Gal 加振まで十分な抵抗力を示したことを報告した。なお壁体はリユース部材でも新品を用いた場合とほぼ同じ特性を得られること、実験時の煉瓦のリユース率は 86%と高いリユース率となることがわかった。

第5章では、従来型煉瓦壁体に対する振動台試験について報告している。第4章と同様に観測加速度波形の入力と出力のスペクトル比から共振周波数を、自由振動波形から減衰率を求めた。その結果、やはり共振振動数は入力加速度レベルに依存すること、その剛性は同規模の SRB-DUP 壁体よりも低いことがわかった。また壁体の破壊は入力 260Gal レベルで発生し、瞬時にせん断亀裂が端部から端部までを貫通する脆性的な破壊となることを明らかにした。

以上の準備のもと、数値解析モデルを構築する。煉瓦造壁体のような複合部材を数値解析する場合、マイクロモデルおよびマクロモデルの二つの方法がある。最初の方法では、煉瓦造の構成要素は個々の物理特性を有する別々の部材として表わされる。その際、要素間相互作用を表すパラメータも導入する必要がある。第二のアプローチでは、様々な簡素化のテクニックを利用して、煉瓦壁体を均質な、しかし非線形な連続体としてモデル化する。

第6章では、従来型煉瓦造の数値解析モデリングについて報告している。ここではマイクロモデルアプローチを採用し、煉瓦とモルタルにはソリッド要素を、両者の間

には接触面要素を使用し、その材料特性は第3章の室内試験結果を元に設定して、有限要素法（汎用解析コードADINA）によってシミュレーションを行った。その結果、適切なモデル定数の設定により振動実験結果をよく再現できることを示した。

第7章では、SRB-DUP 煉瓦造のシミュレーションモデルを構築している。SRB-DUP 煉瓦造では、まずマイクロモデルアプローチで煉瓦・鋼板・ボルトを有限要素でモデル化し、煉瓦-鋼板間の摩擦についてはモール・クーロン則に従う接触面要素でモデル化した。既往の研究成果に基づいて適切なモデル定数を設定することにより、振動台実験の結果および静的実験の結果をよく再現できた。最後に実大実験棟のモデル化に際して、マイクロモデルを結合したマクロモデルを提案した。各構面のSRB-DUP 煉瓦壁はそれぞれ最初にマイクロモデルで解析され、その特性を非線形の「ばね」システムに置換する。その「ばね」を幾何学的構成に対応させて結合し、全体系の応答をマクロモデルとして計算した。例として、2002年に福岡市アイランドシティに建設された2階建て実大実験棟の周波数応答解析を行い、その共振振動数が微動計測結果によく一致することを確認した。そしてそのモデルに2005年福岡県西方沖地震および1995年兵庫県南部地震の際の観測地震動を入力し、非線形応答解析を行ったところ、福岡県西方沖地震に対してはほぼ弾性範囲内にとどまること、兵庫県南部地震の入力に対しても最大層間変形角は $1/300$  rad. 以下となり、十分安全であることを示した。

第8章では以上の研究成果をまとめて結論とし、今後の研究課題について整理した。

## 論文調査の要旨

本研究の目的は、従来型煉瓦造及び新しいタイプの乾式補強煉瓦造SRB-DUP 煉瓦造の動的な挙動を評価すること、及びそのシミュレーションモデルを開発することである。

SRB-DUP 煉瓦造とは、Steel Reinforced Brick based on Distributed Unbond Prestress の略で、ボルトによるプレストレスを導入した乾式煉瓦造構造である。この新しい構造システムは環境負荷の低減につながるリユース可能でかつ耐震性の高い構造の一つとして開発された。SRB-DUP 構造ではそれを構成する異種材料を結合しておらず、そのまま再利用することが可能となっている。また地震による水平力に対してはプレストレスに比例する摩擦力で抵抗し、変形性能は煉瓦と鋼板の間のすべりによって確保されている。このようにSRB-DUP 構造は優れた煉瓦造であるが、これまでその静的挙動に関する研究は精力的に行われてきたものの、動的挙動に関する研究は十分なされてきていなかった。そこで本研究では従来

型煉瓦造とSRB-DUP 煉瓦造の動的特性に着目して実験的およびその数値解析的研究を実施したものである。その主な成果は以下の5点に要約される。

(1) 従来型煉瓦造の材料試験において煉瓦単体、モルタル試験体、煉瓦プリズム等の圧縮試験および圧縮せん断試験を行い、それから求めた材料のヤング率、ポアソン比、圧縮強度、引張強度、せん断強度、摩擦係数、および粘着力などの物理特性を整理し、これらは数値解析マイクロモデルにおいて利用できるものである。

(2) SRB-DUP 煉瓦壁体に対する振動台試験において、壁体はスイープ正弦波および観測地震波形によって加振され、その観測加速度波形の入力と出力のスペクトル比から共振周波数を、自由振動波形から減衰率を求めている。その結果、共振振動数は入力加速度レベルの増大に伴って徐々に低下すること、一旦低下した振動数も一日置くと多少回復することを明らかにしている。また大振幅加振を実施した場合でもSRB-DUP 壁体は粘り強く抵抗し、1,000Gal 加振まで十分な抵抗力を示したことを明らかにしている。なお壁体はリユース部材でも新品を用いた場合とほぼ同じ特性を得られること、実験時には煉瓦のリユース率は86%となったことを明らかにしている。

(3) 従来型煉瓦壁体に対する振動台試験においては、SRB-DUP 煉瓦壁体振動台試験と同様に観測加速度波形の入力と出力のスペクトル比から共振周波数を、自由振動波形から減衰率を求めている。その結果、やはり共振振動数は入力加速度レベルに依存すること、その剛性は同規模のSRB-DUP 壁体よりも低いことが明らかになった。また壁体の破壊は入力260Gal レベルで発生し、瞬時にせん断亀裂が端部から端部までを貫通する脆性的な破壊となることが確認できた。

(4) 以上の準備のもと、数値解析モデルを構築している。煉瓦造壁体のような複合部材を数値解析する場合、マイクロモデルおよびマクロモデルの二つの方法がある。最初の方法では、煉瓦造の構成要素は個々の物理特性を有する別々の部材として表わされる。その際、要素間相互作用を表すパラメータも導入する必要がある。第二のアプローチでは、様々な簡素化のテクニックを利用して、煉瓦壁体を均質な、しかし非線形な連続体としてモデル化する。従来型煉瓦造の数値解析モデリングにおいては、マイクロモデルアプローチを採用し、煉瓦とモルタルにはソリッド要素を、両者の間には接触面要素を使用し、その材料特性は室内試験結果を元に設定して、有限要素法（汎用解析コードADINA）によってシミュレーションを行っている。その結果、適切なモデル定数の設定により振動実験結果をよく再現できた。

(5) SRB-DUP 煉瓦造のシミュレーションモデル構築においては、まずマイクロモデルアプローチで煉瓦・鋼板・ボルトを有限要素でモデル化し、煉瓦-鋼板間の摩擦に

についてはモール・クーロン則に従う接触面要素でモデル化している。既往の研究成果に基づいて適切なモデル定数を設定することにより、振動台実験の結果および静的実験の結果をよく再現できた。最後に実大実験棟のモデル化に際してはマクロモデルが提案されている。各構面の SRB-DUP 煉瓦壁はそれぞれ最初にマイクロモデルで解析され、その特性を非線形の「ばね」システムに置換する。その「ばね」を幾何学的構成に対応させて結合し、全体系の応答をマクロモデルとして計算した。例として、2002年に福岡市アイランドシティに建設された2階建て実大実験棟の周波数応答解析を行い、その共振振動数が微動計測結果によく一致することを確認できている。そ

してそのモデルに 2005 年福岡県西方沖地震および 1995 年兵庫県南部地震の際の観測地震動を入力し、応答計算を行ったところ、福岡県西方沖地震に対してはほぼ弾性範囲にとどまること、兵庫県南部地震の入力に対しても最大層間変形角は  $1/300$  rad. 以下となり、十分安全であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、従来型煉瓦造及び新しいタイプの乾式補強煉瓦造 SRB-DUP 煉瓦造の動的挙動評価の方法を提案し、実際に適用してその有効性を検証したもので、地震工学及び都市災害管理学上寄与することが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。