

学 位 論 文 題 名

北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究

学位論文内容の要旨

ガラスの性能や施工に関する技術の向上、及び反射など独特の質感を備える内外装材としての魅力から、近年では公共施設などの大規模建築物に限らず戸建住宅においてもガラスを多用する空間が計画されることも少なくない。一方北海道の住宅においては、積雪寒冷地の厳しい屋外気候を遮断し快適な屋内気候を維持する必要性から、開口部をできる限り小さくして住宅全体を断熱材で包み込むなど内と外を絶縁する考え方が根強く、ガラスを多用すること自体が推奨される状況ではなかった。しかし断熱性能の高いガラス製品が一般に広く普及してきた現在では、北海道の住宅においてもガラスを多用する空間(以下、硝子張空間と称す)が、屋内気候を保持しつつ屋外環境を享受できる内と外の緩衝空間として、建築計画における有用性を期待されている。

本研究では、北海道の戸建住宅における硝子張空間を研究対象として、硝子張空間を計画する場合に設計の手引きとなる有用な指標を提示するとともに、設計支援のための有用なツールを開発することを目的とする。

第1章では、本研究の目的、背景、意義を概説するとともに、本研究の位置づけとしてアトリウム空間などの既往研究と比較して本研究の独自性を示した。また本研究の構成を整理するとともに、本研究の方法として調査、実験、ソフトウェア開発の進め方を示した。

第2章では硝子張空間の設計において重視すべき視点の提示を試みた。初めに硝子張空間の形態的特徴と機構的特徴に着目して建築構成の分類を行った。分類結果に数量化理論Ⅲ類とクラスタ分析を適用して特徴的な類型Ⅰ～Ⅳを抽出し、硝子張空間のタイプの差異を成立させる基本的な設計概念を提示した。類型Ⅰは居室群どうしを結びつける中核的な主要動線空間、類型Ⅱは居室群と屋外とを結びつける緩衝的な回遊動線空間、類型Ⅲは或る室の機能を補填する付加的な室拡張空間、類型Ⅳは特定の機能を割り当てられた限定的な室単体空間である。次に使われ方と居住者意識に着目して利用実態の分類を行った。使われ方の分類結果から該当事例数の多い基本的な利用方法として、植物の育成、洗濯物の乾燥、飲食や休息、道具の保管、簡単な応対を提示した。硝子張空間は一日を通して植物の育成、洗濯物の乾燥などに利用し、快適な時間帯にのみ居住者が利用するという空間のあり方を示した。また居住者意識の分類結果から該当事例数の多い重要な評価項目を抽出し、硝子張空間の満足度の評価を左右する影響要因として、夏期温熱性、冬期温熱性、開放性、半屋外性、接客性、継続管理性を提示し、特に重要な影響要因として夏期と冬期の温熱性を指摘した。硝子張空間の設計において考慮すべき内容として、夏期の日射制御と通風確保、及び冬期の熱効率向上と熱損失低減に配慮した温熱環境の調整方法、屋外的な環境と生活行為を取り込み、かつ多様な使われ方に柔軟に対応できる空間のしつらえなどを示した。

第3章では、できる限り簡易な入力方法と計算方法で硝子張空間の温熱環境を予測するソフトウェアを開発した。初めに硝子張空間の温熱環境の計算方法について説明し、それを基にシミュ

レーションプログラムを組み立てて硝子張空間の温熱環境を予測した。硝子張空間の温熱環境の計算方法は、特に日射による熱取得に焦点を当ててガラス面からの日射の再透過や相互反射などを考慮し、サッシによる内部反射の影響も考慮するなど精細に検討した。長波長放射による熱取得は放射熱交換係数の概念を用いて計算し、壁体内部の時間遅れや室内空気の熱容量などを考慮して非定常熱伝導計算により硝子張空間の室内気温、室内相対湿度、室内平均放射温度を導出した。また温熱環境の調整方法として床暖房と自然換気を設定し、床面の壁体内部発熱量の計算、温度差換気による換気量の計算を加味して温熱環境の変化を検討できるように工夫した。次に本ソフトウェアで計算した予測値と、硝子張空間の実大実験施設で測定した実測値を比較して、予測結果の実用性を検証した。予測値と実測値の平均二乗誤差は、室内気温が平均 4℃程度、室内相対湿度が平均 9%程度、室内平均放射温度が平均 7℃程度となり、予測値と実測値で若干乖離する傾向は見られるが全体の挙動は概ね一致した。また室内気温の予測値と実測値のずれは、条件が異なっても同様の傾向として見られた。以上の比較結果から、室内気温、室内相対湿度、室内平均放射温度の予測値からは温熱環境の大局的な傾向把握が可能であり、特に室内気温の予測値からは条件を変化させた場合の相対的な性質比較が可能であることを示した。

第 4 章では、形態などの建築構成条件や気象条件を変化させた場合の硝子張空間の室内気温を、開発したソフトウェアの予測結果を用いて系統的に把握するとともに、室内気温の調整方法を検討した。具体的には、硝子張空間の直方体モデルについて、方位、幅、奥行、高さ、ガラス種類、日除け有無、室内表面色の条件を種々に変化させつつ室内気温を予測し、各要因の水準選択による意匠設計面での室内気温の調整方法を検討した。同様に、暖房と換気の条件を種々に変化させつつ室内気温を予測し、暖房と換気の条件選択による設備設計面での室内気温の調整方法を検討した。検討の結果、ガラス種類は日射遮蔽型 Low-E 複層ガラスが推奨される。方位は南面がガラス面となる空間レイアウトが推奨される。直方体モデルの手前と奥で対向する 2 壁面、及び屋根面の何れかがガラス面である場合は、幅の狭い形態、奥行の深い形態が推奨される。直方体モデルの屋根面がガラス面である場合は高さの高い形態、多層断熱面である場合は高さの低い形態が推奨される。日除け有無は夏期には昼間のみ閉鎖、冬期には夜間のみ閉鎖が推奨される。室内表面色は白色が推奨される。暖房は暖房時間が夜間 14 時間 (17~6 時) または全日 24 時間 (1~24 時) で、暖房容量が植物生育域 (5~35℃) の下限を維持する程度の発熱量が推奨される。換気は開口位置が上層と下層に最大限離れた配置で、居住者の非滞在時は開口面積が床面積の 5% 程度、滞在時は 30% 程度が推奨される。以上の検討結果から、形態操作によって日射熱取得と貫流熱損失の有利不利が相互に生じる場合や、暖房条件によって植物生育域、活動可能域、快適域に含まれる室内気温の時間的特徴が大きく異なる場合など、設計条件に対する温熱環境上の適否が設計者の経験則からは判断し難い場合に、本ソフトウェアの予測結果は有用な設計支援資料となり得ることを示した。また入力条件を多数組み替えて相対的な性質比較を行う設計初期段階においては、できる限り簡易な入力方法と計算方法による温熱環境予測を主旨とする本ソフトウェアは、作業量、計算時間軽減の点で特に有用であることを示した。

第 5 章では、初めに各章の概要を説明し、本研究の全体を通した総括を行った。次に硝子張空間の計画段階、設計段階で重視すべき指標を一覧に整理した。最後に硝子張空間の室内温熱環境簡易予測用ソフトウェアのオープンソースを目的として、ソースコードを開示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 羽 山 広 文

副 査 教 授 森 傑

副 査 教 授 奥 俊 信 (大阪大学大学院

工学研究科)

学 位 論 文 題 名

北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究

北海道の住宅においては、積雪寒冷地の厳しい屋外気候を遮断し快適な屋内気候を維持する必要性から、開口部をできる限り小さくして住宅全体を断熱材で包み込むなど内と外を絶縁する考え方が根強く、ガラスを多用すること自体が推奨される状況ではなかった。しかし断熱性能の高い製品が一般に広く普及してきた現在では、北海道の住宅においてもガラスを多用する空間(以下、硝子張空間)が屋内気候を保持しつつ屋外気候を享受できる内と外の緩衝空間として、建築計画における有用性が期待されている。

本研究では、北海道の戸建住宅における硝子張空間を研究対象として、硝子張空間を計画する場合に設計の手引きとなる有用な指標を提示するとともに、設計支援のための有用なツールを開発することを目的とした。

第1章では、本研究の目的、背景、意義を概説するとともに、本研究の位置づけとしてアトリウム空間などの既往研究と比較して本研究の独自性を示した。また本研究の構成を整理するとともに、本研究の方法として調査方法、実験方法、ソフトウェア開発の進め方を示した。

第2章では硝子張空間の設計において重視すべき視点の提示を目的に、硝子張空間の形態的特徴と機構的特徴に着目して建築構成について数量化理論等により類型化し、硝子張空間の種類の差異を成立させる基本的な設計概念を提示した。次に使われ方と居住者意識に着目して利用実態の分類を行った。使われ方の分類結果から該当事例数の多い基本的な利用方法として、植物の育成、洗濯物の乾燥、飲食や休息、道具の保管、簡単な応対を提示した。その結果として、硝子張空間の設計において考慮すべき内容として、夏期の日射制御と通風確保、及び冬期の熱効率向上と熱損失低減に配慮した温熱環境の調整方法、屋外的な環境と生活行為を取り込み、かつ多様な使われ方に柔軟に対応できる空間のしつらえなどを示した。

第3章では、できる限り簡易な入力方法と計算方法で硝子張空間の温熱環境を予測するソフトウェアを開発した。初めに硝子張空間の温熱環境の計算方法について説明し、それを基にシミュレーションプログラム組み立てて硝子張空間の温熱環境を予測した。次に本ソフトウェアで計算した予測値と、硝子張空間の実大実験施設の実測値を比較して、予測結果の実用性を検証した。その結果、予測値と実測値の平均二乗誤差は、室内気温が平均4℃程度、室内相対湿度が平均9%程度、室内平均放射温度が平均7℃程度となり、予測値と実測値で若干乖離する傾向は見られるが全

体の挙動は概ね一致した。室内気温、室内相対湿度、室内平均放射温度の予測値からは温熱環境の大局的な傾向把握が可能であり、特に室温の予測値からは条件を変化させた場合の相対的な性質比較が可能であることを示した。

第4章では、形態などの建築構成条件や気象条件を変化させた場合の硝子張空間の室内気温を、開発したソフトウェアの予測結果を用いて系統的に把握するとともに、室内気温の調整方法を検討した。具体的には、硝子張空間の直方体モデルについて、方位、幅、奥行、高さ、ガラス種類、日除け有無、室内表面色の条件を種々に変化させつつ室内気温を予測し、各要因の水準選択による意匠設計面での室内気温の調整方法を検討した。同様に、暖房と換気の条件を種々に変化させつつ室内気温を予測し、暖房と換気の条件選択による設備設計面での室内気温の調整方法を検討した。その結果、形態操作によって日射熱取得と貫流熱損失の有利不利が相互に生じる場合や、暖房条件によって植物生育域、活動可能域、快適域に含まれる室内気温の時間的特徴が大きく異なる場合など、設計条件に対する温熱環境上の適否が設計者の経験則からは判断し難い場合に、本ソフトウェアの予測結果は有用な設計支援資料となり得ることを示した。また入力条件を多数組み替えて相対的な性質比較を行う設計初期段階においては、できる限り簡易な入力方法と計算方法による温熱環境予測を主旨とする本ソフトウェアは、作業量、計算時間軽減の点で特に有用であることを示した。

第5章では、初めに各章の概要を説明し、本研究の全体を通した総括を行った。次に硝子張空間の計画段階、設計段階で重視すべき指標を一覧に整理した。最後に硝子張空間の室内温熱環境簡易予測用ソフトウェアのオープンソースを目的として、ソースコードを開示した。

これを要するに、本論文は、北海道を中心とする積雪寒冷地域の住宅にみられる硝子張空間の利用上の課題と評価について科学的に解明し、それらの解決と向上へ直接的に貢献する硝子張空間の計画・設計支援ツールを実用レベルで開発したものであり、建築環境学および建築計画学の学際分野の新たな学術的開拓として貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。