

氏名	吉浦 温雅 <small>よしうら あつまさ</small>
授与学位	博士(工学)
学位記番号	理工博乙第130号
学位授与年月日	平成26年7月9日
学位授与の要件	学位規則第4条2項
研究科, 専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程)情報・デザイン工学系専攻
学位論文題目	伝統民家の室内温熱環境改善のための断熱改修と暖房方式に関する研究
論文審査委員	主査 山口大学 教授 中園 真人 山口大学 教授 加藤 泰生 山口大学 教授 福代 和宏 山口大学 准教授 小金井 真 山口大学 准教授 樋山 恭助

【学位論文内容の要旨】

伝統民家の改修においては、冬期の室内温熱環境の改善と暖房エネルギーの削減が重要な課題となる。現在の伝統民家の改修事例では、新築の木造住宅に用いられる断熱技術を取り入れ、快適性を有す暖房設備を設置することにより、現代住宅に匹敵する室内温熱環境を得ることが可能になっている。本論文は、民家全体におよぶ大規模改修の施工性や経済性の問題を考慮し、低廉な部分改修技術を適用した伝統民家の室内温熱環境改善を計画・設計する上で有効な技術的知見を得ることを目的として行った研究を取りまとめたものである。

本論では、特別な気密化を施さずに夜間・早朝の室温低下防止と暖房エネルギー削減効果が得られる断熱改修、日射熱取得による室温上昇と暖房エネルギー削減が期待できる自然エネルギー利用、室内上下温度分布を解消する放射方式暖房設備設置、の3手法を組合せることにより、コストを抑えた室内温熱環境改善が可能と考え、(1)施工に手間が掛からず一定の経済性を有す開口部断熱改修仕様の提案、(2)低コストの断熱改修による自然エネルギー利用の実現、(3)床暖房運転時の効果的な補助暖房設備の選定と使用方法の検討、の3課題の解決を試みている。さらに、伝統民家の断熱改修及び暖冷房設備設計の指針を得るため、提案手法を用いた伝統民家1棟の室内温熱環境改善効果の検証を行っている。

本論は、6章から構成される。第1章では、室内温熱環境の改善手法の問題点と関連既往研究を整理した上で、改善手法の観点から見た解決すべき課題及び研究課題を示し、本論の研究目的を述べている。

第2章では、施工性・コスト及びデザインを考慮して考案した、木製複層ガラスサッシと太鼓障子を組合せた開口部断熱改修仕様の性能を評価することを目的とし、人工気象室内で実施した模型実験及び実家屋での計測の結果について述べている。室内実験の結果から、太鼓障子の試験体(空気層16mmと26mm)の熱貫流率は、普通障子の試験体に対し約20%低下することが確認された。次に、実家屋の改修事例の計測結果より、室内実験同様太鼓障子が断熱性能向上に寄与していることが確認された。そして、本仕様の熱抵抗及び熱貫流率の簡易推計方法を示し、室内実験・実家屋計測結果と比較した結果、比較的良好な推計結果が得られた。また、本仕様の熱貫流率は他の付属物を使用した場合と比べて低くなることを明らかにした。これらから、太鼓障子と木製複層ガラスサッシを組み合わせた仕様は、他の付属物を用いた場合に比べ高い断熱性能が得られることを示した。

第3章では、伝統民家縁側の温熱環境制御効果を把握することを目的とし、伝統民家縁側を

対象に実施した実測及び数値計算の結果について述べている。縁側の冬季晴天日の温度は日中の非暖房室の室温と比較すると7℃程度高く、温室の室内外温度差の最大値の比較より約61%の室温の上昇効果が確認でき、温室には及ばないものの一定の「温室効果」が存在することが示された。また、夏季の縁側には優れた温熱環境制御機能を有することが再確認された。次に、断熱改修により縁側の温度上昇が可能で、夜間早朝の温度低下も一定程度防げることを明らかにした。これらから、縁側にガラス戸を設置し適切な断熱改修を行えば、夏季冬季を通じて優れた室内温熱環境制御効果を有す緩衝空間になることが示された。

第4章では、床暖房の立ち上がり時にエアコンを補助暖房設備として使用した場合の併用効果の検討を目的とし、エアコンと床暖房が設置された改修事例を対象に実施した計測及び数値計算の結果について述べている。床暖房単独運転の場合、定常状態に達するのに開始後約8時間を要すが、暖房開始時にエアコンを併用した場合には、暖房開始直後から十分な室温が得られることが示された。また、運転開始30分後の室内の上下温度差はファンヒータ使用時よりも小さく保てることを明らかにした。次に、一次エネルギー消費量を算出した結果、ヒートポンプ式熱源機を使用した床暖房では、エアコンを併用した場合でも床暖房時の1%未満の増加に抑えられることが確認できた。これらから、床暖房の運転開始時にエアコンを短時間併用すれば、省エネルギーかつ室内の上下温度差を解消しつつ円滑に室温を上昇させることが可能なことが示された。

第5章では、山口県に実在する伝統民家1棟を対象に、2~4章で検討した手法を用いた室内温熱環境改善効果を、数値計算により定量的に明らかにし、本論のまとめとしている。一般的な断熱改修に加え、太鼓障子と木製複層ガラスサッシを用いた開口部断熱工法、土壁の「ちり」部分を利用した充填断熱工法を採用した場合、年間暖冷房負荷が伝統民家を再現した場合と比較し62%低減され、次世代省エネルギー基準には及ばないものの、一定の省エネルギー性が確保されることが確認された。温度上昇した縁側空気を建具開放により隣接居室へ流入させ、暖房エネルギーを削減する手法についても、若干ではあるが効果が確認できた。さらに、エアコンと床暖房を併用した暖房方式を採用すると、床座時に良好な室内温熱環境が得られることが示された。

第6章では、各章で得られた研究成果の要約及び今後の課題を示し、本論の結論としている。

【論文審査結果の要旨】

伝統民家の改修においては、冬期の室内温熱環境の改善と暖房エネルギーの削減が重要な課題となる。現在の伝統民家の大規模改修事例では、新築の木造住宅に用いられる断熱技術を取り入れ、快適性を有す暖房設備を設置することにより、現代住宅に匹敵する室内温熱環境を得ることが可能になっているが、本論文は、民家全体におよぶ大規模改修の施工性や経済性の問題を考慮し、低廉な部分改修技術を適用した伝統民家の室内温熱環境改善を計画・設計する上で有効な技術的知見を得ることを目的とし、特別な気密化を施さずに夜間・早朝の室温低下防止と暖房エネルギー削減効果が得られる断熱改修、日射熱取得による室温上昇と暖房エネルギー削減が期待できる自然エネルギー利用、室内上下温度分布を解消する放射方式暖房設備設置、の3手法を組合せることにより、コストを抑えた室内温熱環境改善が可能と仮定し、(1)施工に手間が掛からず一定の経済性を有す開口部断熱改修仕様の提案、(2)低コストの断熱改修による自然エネルギー利用の実現、(3)床暖房運転時の効果的な補助暖房設備の選定と使用方法の検討、の3課題の解決を試みている。さらに、伝統民家の断熱改修及び暖冷房設備設計の指針を得るため、提案手法を用いた伝統民家1棟の室内温熱環境改善効果の検証を行っている。

本論は、6章から構成される。第1章では、室内温熱環境の改善手法の問題点と関連既往研究を整理した上で、改善手法の観点から見た解決すべき課題及び研究課題を示し、本論の研究目的を述べている。

第2章では、施工性・コスト及びデザインを考慮して考案した、木製複層ガラスサッシと太鼓障子を組合せた開口部断熱改修仕様の性能評価を目的とし、人工気象室内で実施した模型実験及び実家屋での計測の結果について述べている。室内実験の結果から、太鼓障子の試験体(空気層16mmと26mm)の熱貫流率は、普通障子の試験体に対し約20%低下することを確認し、実家屋の改修事例の計測結果より、室内実験同様太鼓障子が断熱性能向上に寄与していることを確認している。そして、本仕様の熱抵抗及び熱貫流率の簡易推計方法を示し、室内実験・実家屋計測結果と比較し、比較的良好な推計結果を得ている。以上より、太鼓障子と木製複層ガラスサッシを組み合わせた仕様は、他の付属物を用いた場合に比べ高い断熱性能が得られることが示されている。

第3章では、伝統民家縁側の温熱環境制御効果の把握を目的とし、伝統民家縁側を対象に実施した実測及び数値計算の結果について述べている。縁側の冬季晴天日の温度は日中の非暖房室の室温と比較すると7℃程度高く、温室の室内外温度差の最大値の比較より約61%の室温の上昇効果が確認でき、温室には及ばないものの一定の「温室効果」が存在すること、また夏季の縁側は、庇による直射日光遮蔽による優れた温熱環境制御機能を有することを再確認している。次に、断熱改修により縁側の温度上昇が可能で、夜間早朝の温度低下も一定程度防げることを示している。これらから、縁側にガラス戸を設置し適切な断熱改修を行えば、夏季冬季を通じて優れた室内温熱環境制御効果を有す緩衝空間になることを指摘している。

第4章では、床暖房の立ち上がり時にエアコンを補助暖房設備として使用した場合の併用効果の検討を目的とし、エアコンと床暖房が設置された改修事例を対象に実施した計測及び数値計算の結果について述べている。床暖房単独運転の場合、定常状態に達するのに暖房開始後約8時間を要すが、暖房開始時にエアコンを併用した場合には、暖房開始直後から十分な室温が得られ、運転開始30分後の室内の上下温度差はファンヒーター使用時よりも小さく保てることを明らかにしている。次に、一次エネルギー消費量を算出し、ヒートポンプ式熱源機を使用した床暖房では、エアコンを併用した場合でも床暖房時の1%未満の増加に抑えられることを確認している。これらから、床暖房の運転開始時にエアコンを短時間併用すれば、省エネルギーかつ室内の上下温度差を解消しつつ円滑に室温を上昇させることが可能であることを指摘している。

第5章では、山口県に実在する伝統民家1棟を対象に、2~4章で検討した手法を用いた室内温熱環境改善効果を、数値計算により定量的に明らかにしている。一般的な断熱改修に加え、太鼓障子と木製複層ガラスサッシを用いた開口部断熱工法、土壁の「ちり」部分を利用した充填断熱工法を採用した場合、年間暖冷房負荷が非断熱仕様の伝統民家の場合と比較し62%低減され、次世代省エネルギー基準には及ばないものの、省エネルギー性が確保されることを確認している。温度上昇した縁側空気を建具開放により隣接居室へ流入させ、暖房エネルギーを削減する手法についても、若干ではあるが効果を確認している。さらに、エアコンと床暖房を併用した暖房方式を採用すると、床座時に良好な室内温熱環境が得られることを示している。

第6章では、各章で得られた研究成果の要約及び今後の課題を示し、本論の結論としている。

以上、本研究は建築ストックの有効活用という重要課題に対し、伝統民家再生の視点から(1)施工に手間がかからず経済性を有す太鼓障子による開口部断熱改修仕様の提案、(2)縁側の冬季温室効果を活用した自然エネルギー利用、(3)床暖房運転時の補助暖房設備の選定と使用方法に関し、室内実験・実家屋計測及び数値計算を基にその効果を定量的に明らかにしており、低廉な部分改修技術を適用した民家の室内温熱環境改善に関し有効な技術的知見を提示した研究として位置付けられる。

公聴会における主な質問内容は、1) 木製複層ガラスサッシと太鼓障子を組合せた開口部断熱改修仕様の効果と経済性、2) 縁側の冬季温室効果の具体的活用方法、3) ちり部分を活用した外壁の断熱手法の詳細、4) 本手法を実家屋に適用した場合の改修コストと実用化の展望等であったが、いずれの質問についても発表者から適切な回答がなされた。

以上より、本研究は独創性、信頼性、実用性ともに優れ、博士(工学)の論文に十分値するものと判断した。