

伝統民家縁側の緩衝空間としての 温熱環境制御効果

—縁側の冬季温室効果の計測と解析—

EFFECT ON THERMAL ENVIRONMENT CONTROL OF VERANDA WITH TRADITIONAL TIMBER HOUSE

— Measurement and analysis of greenhouse
effect of veranda in winter —

中園眞人 *1 吉浦温雅 *2
水沼 信 *3 後藤伴延 *4
小金井 真 *5

Mahito NAKAZONO *1 Atsumasa YOSHIURA *2
Makoto MIZUNUMA *3 Tomonobu GOTO *4
Makoto KOGANEI *5

キーワード:

伝統民家, 縁側, 温室, 温熱環境

Keywords:

Traditional timber house, Veranda, Greenhouse, Thermal environment

This paper aims to grasp the effect on heat environment control of veranda of traditional timber house by measurement and simulation of indoor temperature. The room temperature of tradition timber house veranda in winter fine day is considerably high comparing with non-heating room, so the "greenhouse effect" is admitted though it doesn't spread the greenhouse. Therefore, if proper improvement of veranda is done, it is expected to become the effective means that gives the comfortable indoor heat environment in winter.

1. 序論

日本の伝統民家が有す環境調整機能として、庇による夏季の室内温熱環境制御機能が広く知られている。これに対し冬季の室内温熱環境確保に関しては、太陽の直射光を室内に取り入れる工夫が主流で、温室は多くの日射を取得することが可能なため室温上昇が大きく、床・壁などの蓄熱体に蓄熱し夜間の自然放熱により室温を維持出来る等から、近代的手法として寒冷地を中心に採用されてきた。

ところが図1に示すように、縁側もまた冬季には室内に日射取得が可能で、開口部にガラス戸が設置された縁側の場合、温室同様一定の室温上昇が期待されるが、こうした日中の縁側の「温室効果」に着目した断熱改修の事例は少ない。縁側は夏季には日射遮蔽により室温上昇を緩和することから、適切な改修により夏季の効果を損なうことなく冬季の室温上昇を有効に活用できれば、夏季冬季を通して快適な室内温熱環境の形成に寄与できるものと考えられる。

伝統民家の温熱環境に関する既往研究は、伝統民家のパッシブ・クーリングに着目した研究が多数ある。九州北部の伝統民家の実測・計算から、屋根断熱、外周部開口及び日射遮蔽は、小屋裏や床下を居室部の熱的調整・緩衝空間として機能させるための重要な役割を果たすことが指摘されている¹⁾。また数値計算により、深い庇による日射遮蔽と茅の断熱性・熱容量による遮熱効果により、日中の室温上昇が緩和されるとする報告がある²⁾。宮城県の家を対象とした実測調査では、通風を確保することでOlgayの生気候図の快適範囲に収まる時間帯が増加することを示している³⁾。

これに対し伝統民家の冬季の温熱環境に関しては、茅葺き民家・蔵造り民家を対象とした、方位・庇長さ・断熱材の付加・気密性の向上をパラメータとした暖房負荷削減量のシミュレーションから⁴⁾、年間

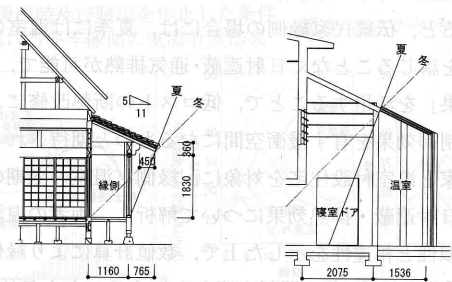


図1 縁側と温室の日射取得状況の比較

を通し室内温熱環境を調節するためには、断熱性や気密性を向上させる必要があり、冬季に庇の長さを短くすることで補助暖房量が減少することを示した報告がある。室内温熱環境の実測を行ったものには、中部山間部の伝統民家の冬季の生活上の問題点を整理した報告がある⁵⁾。また宮城県の伝統民家の実測調査⁶⁾では、民家の居間の温度は暖房時には20℃前後であるが、非暖房室の温熱環境レベルは高いとは言えず、環境工学的な民家改修の検討の必要性が指摘されている。しかしながら冬季の温熱環境の報告は全般的に少なく、居間を中心としたもので、縁側の温熱環境の報告は見られない。

温室に関しては、付設温室付住宅の熱環境実態と問題点を指摘した報告がある⁷⁾。寒地の木造住宅の温室で側壁や屋根までガラスでつくられると、熱損失が大きく夜間の温度保持が困難になるため、日射取得量の少ない屋根や側壁は断熱壁とし、熱容量を向上させ夜間の室温保持を図る必要性が指摘され、夏季は屋根面の日よけと通気排熱が重要としている。これらの問題に対し、温室付き半地下居

¹⁾ 山口大学大学院理工学研究科 教授・工博
(〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

²⁾ 山口大学大学院理工学研究科 博士後期課程・工修

³⁾ 山口県産業技術センター グループリーダー・博士(工学)

⁴⁾ 山口大学大学院理工学研究科 講師・博士(工学)

⁵⁾ 山口大学大学院理工学研究科 准教授・博士(工学)

¹⁾ Prof., Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

²⁾ Doctoral Course, Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., M. Eng.

³⁾ Group Leader, Yamaguchi Prefectural Industrial Technology Institute, Dr. Eng.

⁴⁾ Lecturer, Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

⁵⁾ Assoc. Prof., Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.



写真1 伝統民家の南面外観



写真2 縁側と南庭

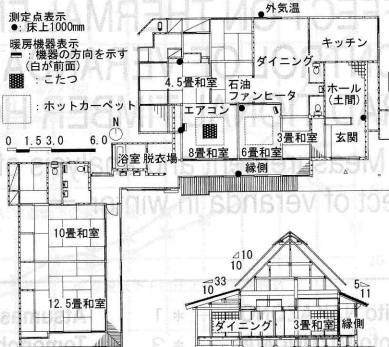


図2 伝統民家の平面・断面図と計測点

室の夏季・冬季実測調査から、温室により室内温熱環境を最適に保つ条件を検討した報告がある^{8,9)}。また北陸地域における温室付設住宅の暖冷房負荷削減の有効性を検討した報告では^{10,11)}、温室付設住宅は基本住宅と比較して、5・10月を含む中間期の暖冷房負荷が大きく削減され、次世代基準の断熱性をもつ温室付設住宅では26.3MJ/m²年削減されるとしている。

こうした温室の冬季の集熱効果と夏季の日射遮蔽・通気排熱の課題を考慮すると、伝統民家縁側の場合には、夏季には温室のような特別な対策を講じることなく日射遮蔽・通気排熱が可能で、かつ冬季の「温室効果」を活用することで、低コストの断熱改修により優れた温熱環境制御効果を有する緩衝空間になるものと期待される。本論では伝統民家と温室付設住宅を対象に、縁側と温室の冬季の集熱効果と夏季の日射遮蔽・排熱効果について解析し、両者の温熱環境制御機能の類似性と相違性を示した上で、数値計算により縁側の断熱改修仕様と「温室効果」との関係性を明らかにすることを目的とする。

2. 計測の概要

温度計測を行った伝統民家と温室付設住宅の平面・断面図と計測点を図2・3に示す。尚、図1は同一の伝統民家の縁側と温室付設住宅の温室部分の詳細断面である。伝統民家は山口県下関市に立地する明治初期建設の木造平屋建てで、下関地域における典型的な農家住宅の平面構成と架構を有す。母屋縁側は単板ガラス戸で広い南庭に面するが(写真1・2)、南西に10畳和室・12.5畳和室が配されており、午後には一部日射が遮蔽される。縁側室温は日射遮蔽をした無線型温度記録端末(HIOKI 製, 3632)を使用し床上 1.0m の位置で60分間隔計測を行った。温室付設住宅は山口県宇部市の戸建住宅団地内に立地する鉄筋コンクリート造2階建てで、温室は近傍に日射遮蔽物のない日照条件の良い敷地南庭に面し(写真3)、屋根・側壁共に単板ガラスで構成されている。温室室温は日射遮蔽をした熱電対(T型 0.3mmφ)とデータロガー(YOKOGAWA 製, DA100)を使用し床上 1.2m と 4.0m の位置で計測した。

表1に縁側と温室の計測期間、計測条件及び分析対象日の天候と日積算水平面全天日射量を示す。分析対象日は計測期間の中から年間通りの日積算水平面全天日射量を示した冬・夏季の典型日を選択した。表中の天候と日積算水平面全天日射量は下関気象台のデータを用いており、実測結果図中の水平面全天日射量も同様である。尚、温室付設住宅で夏季に設定した4条件(ジャロジーの開閉とブラ



写真3 温室付設住宅の南面外観

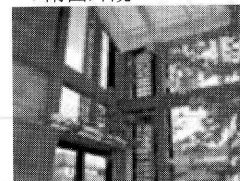


写真4 温室のジャロジーとブラインド

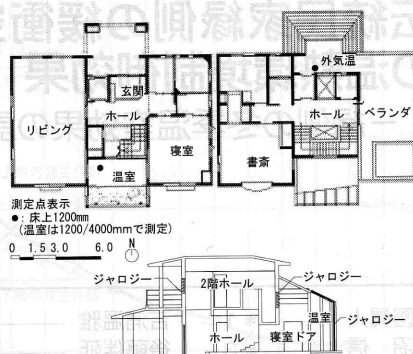


図3 温室付設住宅の平面・断面図と計測点

表1 計測概要

対象家屋		計測期間	計測条件	日付	天候	日積算水平面全天日射量(MJ/m ²)
下関市 伝統民家	冬	2006年2月6日～2月18日	ガラス戸閉鎖	2月17日	晴	13.5
	夏	2006年7月24日～8月6日	ガラス戸開放	7月30日	曇後晴	24.77
	冬	1998年3月5日～3月19日	ジャロジー閉鎖/ブラインドなし	3月14日	晴時々曇	15.4
宇部市 温室付設住宅	夏	1998年7月29日～8月18日	case1:ジャロジー閉鎖/ブラインドなし	8月4日	晴一時薄曇	25.3
			case2:ジャロジー開放/ブラインドなし	7月31日	晴後曇一時雨	18.5
			case3:ジャロジー閉鎖/ブラインド使用	8月10日	曇一時雨後晴	23.26
			case4:ジャロジー開放/ブラインド使用+アサガオ植生	8月12日	晴後薄曇	21.77

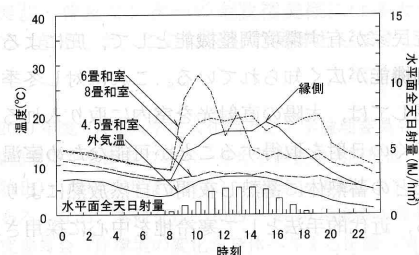


図4 縁側の冬季計測結果

ンドの有無)により、日射遮蔽と通気排熱効果について検討した(表1,写真4)。case1は通気排熱と日射遮蔽を行わない場合(ジャロジー閉鎖/ブラインドなし)、case2は通気排熱を行い日射遮蔽は行わない場合、case3は通気排熱と日射遮蔽を行う場合、case4はcase3に加えアサガオ植生(植木鉢)により屋外日射遮蔽を行う場合である。

3. 縁側と温室の冬季計測結果及び縁側の冬期室温計算

3.1 縁側の冬季計測結果

図4に冬季縁側の温度計測結果と計測日の全天日射量を示す。8時以降から外気温と全天日射量が上昇し始め、同時に縁側温度も上昇し日中は18℃程度に達している。12～15時の外気温は7℃程度で、非暖房室(4.5畳和室)の室温はこの間外気温とほぼ同程度であることから、縁側は日射による熱取得により「温室効果」を発揮していると考えられる。ただし、隣接する6・8畳和室は8～20時まで暖房されており、建具が障子でかつ浴室への人の移動等があるため、縁側温度の上昇は暖房室から縁側空間への熱移動の影響を受けている。

16時以降は外気温の低下に伴い縁側温度も低下している。夜間23時頃には外気温は0℃まで低下し、縁側温度も5℃まで低下しているが、6・8畳和室の室温は暖房を使用していなくても10℃程度で、外気に面する縁側は居室の室温低下を防ぐ緩衝空間として機能しており、縁側の断熱性能の向上により夜間の隣接居室の温度低下をさら

に軽減できる。

3.2 冬季縁側の室温計算

縁側の冬季計測は隣接居室を暖房した場合であったため、数値計算により縁側の自然室温を予測する。手順は、単純化した建築モデルを作成したうえで、SMASH for Windows Ver.2 を使用し実測条件を基に縁側温度を求め予測精度を検討する^{注1)}。次に縁側の自然室温を計算し、日射熱取得のみの場合の縁側の温室効果を示す。

図5に対象民家を単純化した計算モデル、表2に計算モデルの物性値を示す。計算モデルの室と外気間の換気は、文献12を参考に換気回数を5回/時とし、障子等が閉鎖されている場合の室間の空気の移動は考慮していない。

気温と日射量は計測時の温度変動を計算するため図4に示したデータを使用した^{注2)}。暖房条件は6・8畳和室の計測結果を参考に図6に示す条件を設定した。また浴室への移動を想定した9～12時と、建物内の掃除が行われる時間帯を想定した15～16時の間、和室と縁側間に図7に示す障子開放による換気量を設定した^{注3)}。計算期間は1年間(1月1日～12月31日)で、助走計算は12月15日から開始した。図8に6・8畳和室が暖房・非暖房の条件で縁側の温度変動を求めた結果を示す。暖房時の縁側の計算温度と図4の計測結果を比較すると、暖房が行われる8時から20時の間では全体的に計算温度が高く、8～14時の間は2℃程度の差があるものの、16～20時の間はほぼ近似しており、隣接居室暖房時における日中の縁側温度の把握は一定程度可能と考えられる。非暖房時の縁側温度は8時から緩やかに上昇し、15時に最も高くなり17.1℃に達している。暖房時と比較すると8時以降の温度上昇に差異があり、隣接居室暖房時には縁側の温度変動に影響があることが分かる。12～15時の間の温度は暖房時と比較すると2℃程度低くなるが、15時の4.5畳和室の室温は10.1℃で縁側の温度が7℃程度高い。

3.3 温室の冬季計測結果

図9に冬季の温室室温と外気温を示す。温室隣接居室は非暖房の状態である。12～15時の間の外気温と床上1.2mの位置の温室室温を比較すると、14時の外気温が17.7℃、温室室温が33.3℃で、15.6℃の内外温度差があり、温室は日射熱取得により十分に温度上昇している。また20～23時及び早朝の温室室温は13～18℃に維持され、日射蓄熱により夜間の室温低下も抑制され、冬季の室内温暖環境を制御する十分な機能を有していることがわかる。

4. 縁側と温室の夏季計測結果

図10に縁側の夏季計測結果を示す。計測日は縁側のガラス戸を開放し自然通風を確保(夜間は閉鎖)している。縁側の温度は8時頃からの外気温・水平面全天日射量の上昇に伴い上昇している。日中に外気温・水平面全天日射量が最大に達すると、外気温は30.4℃であるが縁側の温度は29.8℃で、わずかながら縁側の温度が外気温より低く保たれている。隣接居室6・8畳和室の室温も29.6℃・29.5℃で、縁側は日射取得のない居室と同程度の温度に保たれている。これは、熱容量が大きいため27～28℃の範囲で推移している土間との間に空気の移動が生じていることが影響していると推測される、また前面の植栽の潜熱効果も原因と考えられる。

次に温室の夏季計測結果を図11に示す。ジャロジー閉鎖の場合、日平均温度差(5～5時間の室内外温度差平均)は6.2℃であるが10～15

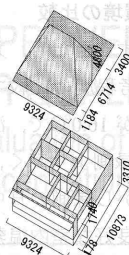


図5 建築モデル

表2 建築モデルの物性値

部材	熱伝導率 (W/m・K)	容積比熱 (kJ/m ³ ・K)	日射透過率	日射吸収率	長波放射率
杉板	0.12	519	—	0.8	0.9
瓦	1.50	1599	—	0.8	0.9
土壁	0.69	1126	—	0.8	0.9
漆喰	0.70	1092	—	0.8	0.9
グラスウール10K	0.05	837	—	0.8	0.9
開口部	熱貫流率 (W/m ² ・K)		日射遮蔽係数	放射遮蔽係数	対流遮蔽係数
単層 3mm	6.51		1.000	0.986	0.014
複層 as=12mm	3.01		0.898	0.867	0.03
建具	熱貫流率 (W/m ² ・K)		日射透過率	日射吸収率	長波放射率
障子	4.50		—	0.2	0.9

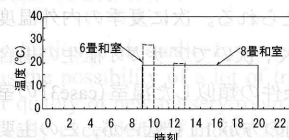


図6 暖房条件

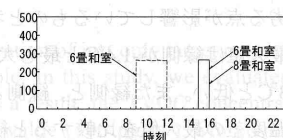


図7 障子開放による換気量の条件

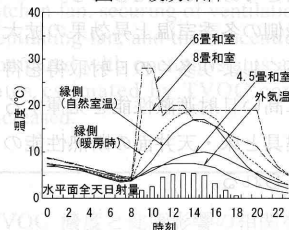


図8 暖房時及び暖房を停止した条件下における冬季縁側の室温計算結果

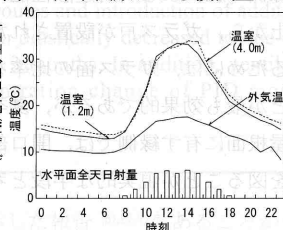


図9 温室の冬季計測結果

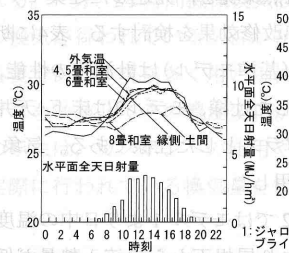


図10 縁側の夏季計測結果

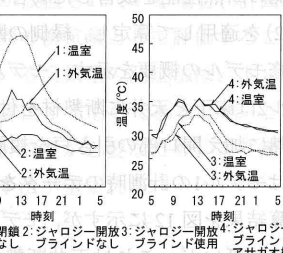


図11 温室の夏季計測結果

表3 縁側と温室の内外温度差の比較

		外気温		日中室温		内外温度差 (Tin-Tout) [°C]	
		[°C]		[°C]		範囲	平均値
冬季	縁側	5.3	17.0	—0.4	9.8	3.0	
	温室	12.7	33.3	3.0	16.0	7.5	
夏季	縁側窓開放	30.4	29.8	—1.4	1.3	0.0	
	case1	30.6	46.4	3.0	13.7	6.4	
	case2	27.4	35.3	0.0	8.1	3.1	
	case3	28.1	33.5	—0.3	1.9	1.0	
	case4	29.1	35.5	—1.3	0.6	—0.2	

時には10℃以上に拡大し、13時を中心に室内温度は45℃を上回る。ジャロジー開放の場合、日平均温度差は3.0℃に縮小しているが内外温度差は10～15時の間5℃以上と大きく、日中の温室室温は34～36℃と高温であり、温室からの熱移動により隣接居室の温度上昇が予測される。ジャロジー開放に加え温室内をブラインド遮蔽した場合、日平均温度差は0.9℃に縮小し、内外温度差は終日2℃以下に抑えられ、翌日0時以降の温度差も1℃以下となり外気温と同程度まで低下する。さらに温室外側にアサガオを植生した場合、日平均温度差は-2.0℃と外気温より低い。10～11時の間は外気温より若干高いが、12時以降は外気温を下回り、17時以降はほぼ0～-1℃の範囲で外気温を下回る状態が継続している。

5. 縁側と温室における冬季及び夏季の室内温熱環境の比較

表3に縁側と温室の内外温度差の比較結果を示す。ただし、太陽高度の違いにより入射日射量に違いがあるため参考程度の比較である。冬季縁側の内外温度差の最大値は9.8℃、温室が16.0℃で、温室の方が6.2℃高い。これは温室ガラス面の面積率が縁側より高く、瓦底の縁側に対し日射取得に有利なためである。しかし縁側の日中室温(14時)は17.0℃で、非暖房室と比較して縁側は良好な室内温熱環境を形成している。室内外温度差の範囲を比較すると、冬季縁側の最小値が-0.4℃で温室(3.0℃)より低く、縁側の気密・蓄熱性能が温室より劣る点が影響しているものと考えられる。次に夏季の内外温度差の最大値は縁側が-1.4℃と最も大きく、次いでアサガオ植生の場合が-1.3℃と低い。また縁側と、縁側と条件の類似した温室(case3)の室内外温度差の最大値を比較すると縁側の方が1.1℃低い、この要因は縁側の底による日射遮蔽性能の高さであると考えられる。

以上から、ガラス戸が設置された縁側の冬季室温上昇効果の拡大を図るためには、ガラス面の比率を高くしより多くの日射取得を得ることが最も効果的であるが、夏季に高い日射遮蔽性能を発揮する底を屋根面に有す縁側では、開口部建具と床・天井面の断熱性能の向上を図ることが現実的な手段と考えられる。

6. 断熱性能をパラメータとした冬季伝統民家縁側の室温計算

縁側の断熱性能を改善した場合の温熱環境を、先述した建築モデル(3.2)を適用して算定し、縁側の断熱改修効果を検討する。表4に断熱改修モデルの概要を示す。モデル1(基準モデル)は計測時の性能、モデル2は床下と天井に断熱材を付加した仕様、モデル3は床下・天井の断熱に加え開口部の引き戸を複層ガラスとした仕様である。気象条件はモデル1の計測時のデータを使用した。

計算結果を図12に示すが、モデル2ではモデル1より日中の温度が僅かに低いが、これは天井断熱により屋根面からの流入熱量が低減したためと考えられる。夜間の温度はモデル1より高く断熱効果が確認できる。モデル3では15時の温度は19℃程度まで上昇し、室内外温度差の最大値はモデル1の9.8℃に対しモデル3は11.4℃で、早朝夜間の温度もモデル1より高く、一定の断熱効果が認められる。

7. 結論

本論では伝統民家縁側の冬季・夏季の温熱環境の計測を行い、温室との比較により以下の知見を得た。

- 1) 縁側隣接和室が暖房された状態で、縁側の温度は18℃程度まで上昇していることが確認された。計算により縁側隣接和室が非暖房状態の縁側の温度を求めると17℃程度になる。冬季の温室の室温は12~15時の間30℃以上に保たれるが、12~15時の間の縁側の内外温度差の最大値は9.8℃となり、非暖房室(4.5畳和室)より7℃程度高く、「温室効果」が確認できる。また緩衝空間として夜間の隣接居室の室温低下を軽減できる可能性も示唆される。
- 2) 夏季の縁側空間の温度は、縁側のガラス戸が開放された状態で外気温と同等に保たれていた。一方温室の室内外温度差は大きく、夏季には縁側が優れた温熱環境制御機能を有することが再確認された。
- 3) 断熱性能をパラメータとして縁側の冬季室温を計算した結果、縁側の床・天井・開口部の断熱により、晴天日15時の温度は19℃程度まで上昇することが確認された。縁側の室内外温度差の最大値は

表4 断熱改修モデルの概要

モデル	内容
1	基準モデル
2	床下断熱と縁側天井へグラスウール10K100mm、杉板15mmの設置
3	縁側床下・天井・開口部の断熱
	モデル2の縁側開口部をペアガラス $\alpha_s=12\text{mm}$ へ変更

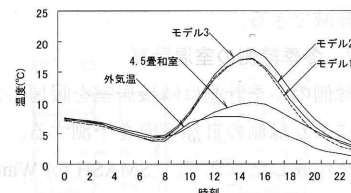


図12 断熱改修モデルの計算結果

11.4℃となり、早朝夜間の温度低下も改善されることが示された。

以上から、伝統民家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相当高く、温室には及ばないものの一定の「温室効果」が認められる。また断熱改修により温度の上昇が可能で、夜間早朝の温度低下も一定程度防げる。従って縁側にガラス戸を設置し適切な断熱改修を行えば、夏季冬季を通じて室内温熱環境を改善する有効な手段になるものと期待される。ただし、本論は温暖地域に立地する1事例の報告で、今後は対象地域を広げるとともに、縁側の改修事例を含め計測事例数を増やした上で、縁側隣接居室への効果を含め検証を行うことが課題である。

注

注1) SMASHは壁体伝熱の簡易計算法で、重量構造に適用した場合の精度の問題や、室内壁面への入射日射量は窓からの透過日射を一定割合で分配計算するため、幅が広く奥行きが短い形状の場合誤差が大きくなること、窓からの透過日射熱を壁・床・天井に一定割合で分配吸収させる計算では、縁側と隣室間の障子は入射日射の多くを反射するため、日射吸収量が過大に見積られる可能性があるが、本論では入射日射量が同一条件で、隣接居室の暖房条件が異なる場合の相対比較を目的とするため、汎用ソフトを援用した。

注2) 下関市の気象データに基づき宇田川(13)を参考にして作成した。ただし、実測日の外気温については実測値を使用した。

注3) SMASH for Windows Ver.2のユーザーマニュアル(14)には、異なる室を壁・床などを介さずに繋ぎ合わせる場合に、互いに同量の換気が行われるものとし、その換気量を室の容量の小さい方の10倍と設定するとされており、本計算の場合には縁側の容量の10倍の換気量を設定した。

参考文献

- 1) 浦野 良美 他:九州北部に残る伝統民家の熱環境に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第371号, 27-37, 1987.1
- 2) 山口 徹 他: 伝統的民家における夏季の室温上昇緩和効果に関する数値計算による検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 分冊, pp.955-956, 1997.9
- 3) 長谷川 兼一 他: 宮城県民家の民家を対象とした室内熱環境の実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.153-154, 1996.9
- 4) 辻 幸伸 他: 伝統的民家にみられる室内熱環境調整機能の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.445-446, 1995.8
- 5) 宇野 勇治 他: 中部日本の山間部における伝統的住宅の室内気候調節と立地集落の微気候, 日本建築学会計画系論文集, 第532号, 93-100, 2000.1
- 6) 長谷川 兼一 他: 宮城県における民家を対象とした室内熱環境に関する実測調査, 日本建築学会大会技術報告集, 第3号, 189-192, 1996.12
- 7) 荒谷 登 他: 附設温室付住宅の熱環境実態と問題点, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学), pp.459-460, 1983.9
- 8) 野瀬 光生 他: 温室付き半地下居室の熱的性能に関する研究その2 夏季における日射遮蔽、窓の開放による通風が熱環境に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D 分冊, pp.21-22, 1993.9
- 9) 古木 直人 他: 温室付半地下居室の熱的性能に関する研究その3 冬季における断熱仕様と室内窓の開閉が熱環境に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D 分冊, pp.23-24, 1993.9
- 10) 及部 訓弘 他: 北陸地域における付設温室型住宅の暖冷房負荷削減効果シミュレーションその1 拡張アメダス気象データ28地点のSMASHへの適用条件, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.63-64, 2001.9
- 11) 吉田 直人 他: 北陸地域における付設温室型住宅の暖冷房負荷削減効果シミュレーションその2 拡張アメダス気象データ28地点のSMASHへの適用条件, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.65-66, 2001.9
- 12) 小玉 祐一郎 他: 伝統的民家に見られる室内環境調整機能の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊, pp.445-446, 1995.8
- 13) 宇田川 光弘: パソコンによる空気調和計算法, オーム社, 1986.12
- 14) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構: SMASH for Windows Ver.2-住宅用熱負荷計算プログラム-ユーザーマニュアル, 財団法人 建築環境・省エネルギー機構, 2000.9

[2010年6月18日原稿受理 2010年11月2日採用決定]