

滞在場所選択による暖冷房負荷削減効果の試算

—住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例研究 その3—

澤 島 智 明

Estimation of heating and cooling load reduction effect by residents' choice of living space
—A case study on the thermal environment and residents' choice of living space in the home part3—

Tomoaki SAWASHIMA

要 旨

本報は居住者の滞在場所選択行動による暖冷房エネルギー削減効果の実証を目的とした研究の続報である。既報ではフィールド調査により伝統的住宅の空間的特徴を活かした居住者の滞在場所選択行動の事例を収集し、襖や障子などの間仕切り開閉による暖冷房範囲の取り方の事例、居住者がユカ座起居の着座場所の自由度を活かして夏季に快適な滞在場所を選択している事例、住宅内に優位な温熱環境が形成されながら居住者がその環境を滞在場所として選択していない事例などを報告した。本報ではこれまでのフィールド調査で得られた知見をシミュレーションの設定条件に落とし込み、住宅の熱負荷解析ツール BEST-H を用いて滞在場所選択による暖冷房負荷削減効果を試算した。

結果、最も暖冷房負荷の少ない部屋を夏季と冬季それぞれの滞在場所として選択した場合、従来の住まい方と比較して10~30%程度の暖冷房負荷削減となった。また、現状では利用されていない縁側の冬季日中の高温を利用し、縁側の温度が高い時間帯に縁側を滞在場所として選択する（居間を暖房しない）場合は4~6%、縁側-居間の間仕切りを開放して高温空気を居間に取り込んだ場合は1~3%の暖房負荷削減となった。同様に現状では利用されていない土間空間を利用し、土間室温が居間よりも低温になる夏季日中を土間で過ごす（居間を冷房しない）場合に10%前後の冷房負荷削減となった。

1. 緒言

本報は居住者の滞在場所選択行動による暖冷房エネルギー削減効果の実証を目的とした研究の続報である。これまでの研究から日本の伝統的住居の空間的特徴や住まい方が滞在場所の選択肢に多様性を与え、居住者の選択行動を促進させる可能性が示唆されている。既報^{1)~7)}ではフィールド調査により伝統的住宅の空間的特徴を活かした居住者の滞在場所選択行動の事例を収集して報告した。襖や障子などの間仕切り開閉による暖冷房範囲の取り方と居住者の在室状況や室温との関係の事例、ユカ座起居の着座場所の自

由度を活かして夏季に少しでも室温が低いあるいは通風を得やすい場所を選択して滞在する事例などを報告した。一方で、住宅内に優位な温熱環境が形成されながら居住者がその環境を滞在場所として選択していない事例も報告した。

本報ではこれまでのフィールド調査で得られた知見をシミュレーションの設定条件に落とし込み、住宅の熱負荷解析ツール BEST-H を用いて滞り場所選択による暖冷房負荷削減効果を試算した。前述した居住者の滞り場所選択の事例は部屋の使用状況や生活行動の内容等を大きく変化させるものでないために、そのままではシミュレーションの設定条件に反映させることが難しかった。そのため住宅内に優位な温熱環境が形成されながら居住者に利用されていない事例からそのような温熱環境を活用する住まい方をした場合の暖冷房負荷削減効果を予測した。

2. 研究方法

暖冷房負荷の算出には一般財団法人住宅・建築 SDGs 推進センターが提供する住宅の熱負荷解析ツール BEST-H を用いた。シミュレーションのための住宅のモデルとして調査住戸をベースに田の字に近い平面と縁側を持つ2階建て住宅（Eモデル）と縁側、続き間、6畳の土間空間を持つ平屋建て住宅（Oモデル）の2モデルを作成した。表1、図1、図2にモデルの概要を示す。

Eモデルの元となったE邸は同程度の大きさ（6畳または8畳）の部屋が各階・各方位に配置されており、台所以外が畳敷きでユカ座起居であることと併せて、室用途が固定されにくい間取りと考えた。実際にE邸はフィールド調査の対象住戸のなかで最も滞り場所の季節変化が大きかった。E邸は等級2レベルの断熱性能であるが、Eモデルについては無断熱、等級2レベル、等級4レベルの3種類の断熱仕様を設定した。また、E邸の居室は6畳または8畳であるが比較を容易にするために全ての部屋を6畳とした。

Oモデルの元となったO邸は築100年の農家型住宅であり、6畳を超える土間空間を有することが特徴の一つである。他にも南面の縁側や畳部屋が連なる室構成など日本の伝統的住宅の特徴を多く備える。なおO邸は2階建てであるがOモデルは単純化して平屋建てとした。また、当初Oモデルの外壁仕様はEモデル同様の乾式外壁3種類で検討したが、自然室温のシミュレーション結果が実測値と大きく乖離したため、実際のO邸に合わせて外壁および土間空間－座敷（和室－4）間の内壁を無断熱の土壁とした。

在室および空調スケジュールはフィールド調査結果から判断してツール標準の間欠運転スケジュール「居間台所」を公室に「子供室1」を個室に用いた。暖房温度は20℃、冷房温度は28℃とした。図3に空調スケジュールを示す。

表1 モデルの概要

	Eモデル			Oモデル	
	無断熱	等級2	等級4	無断熱	
気象条件	標準年拡張アメダス気象データ（大阪）				
床面積（㎡）	130.1（1階：83.7，2階：46.4）			173.9	
窓面積（㎡）	28.0（1階：16.7，2階：11.3）			27.7	
階高（m）	1階：2.9，2階：2.7			2.9	
断熱仕様	壁	－	GW50	HGW85	－（土壁）
	屋根	－	GW75	HGW265	－
	床	－	GW50	HGW135	－
	窓ガラス	単板	単板	複層（A6）	単板
	サッシ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ



図1 Eモデルの間取り

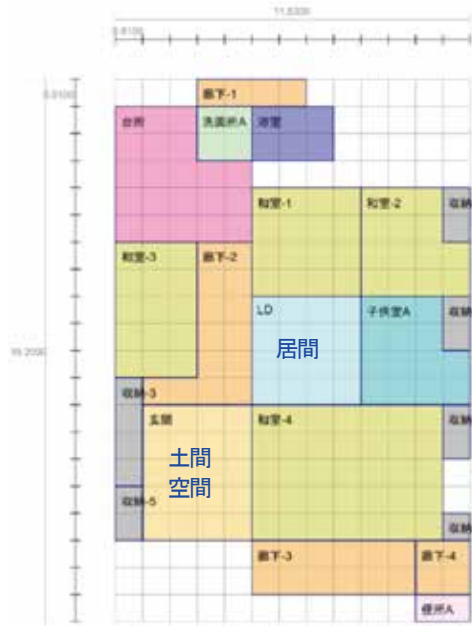


図2 Oモデルの間取り

		時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
居間台所 (LDK)	暖房	平日								←	→				←	→				←	→						
	休日											←	→														
	冷房	平日																									
	休日																										
子供室1	暖房	平日																									
	休日																										
	冷房	平日	←	→																							
	休日		←	→																							

図3 暖冷房スケジュール

3. 結果・考察

3.1 滞在場所の季節変化による暖冷房負荷削減効果

Eモデルの間取りを伝統的住宅の田の字平面に近い室用途が固定されにくい間取りと捉え、最も暖冷房効率の良い部屋を冬季と夏季それぞれの滞在場所として選択する住まい方を検討する。フィールド調査の大半の戸戸において冬季は居間をみの1室暖房、夏季は居間と寝室の2室冷房であったため、同条件で各室の暖冷房負荷を算出した。図4にEモデルにおいて各室を「居間台所スケジュール」で暖冷房した際の年間負荷量を示す。それぞれ対象室1室のみを暖冷房空間として部屋数分のシミュレーションを行った結果をまとめたものである。暖房負荷、冷房負荷ともに断熱の有無によって傾向が異なり、無断熱の場合は②和室が、断熱ありの場合は断熱仕様に関わらず③北和室の負荷が最も小さい。②和室は平面的に居間と廊下に挟まれ南面も縁側を介して外気と接している。また上階には⑦書斎があり最も外皮面積の小さい部屋であるため、無断熱では最も熱損失が小さく暖冷房負荷が小さくなったと思われる。一方、③北和室は3方の壁が外気と接しており上階にも部屋がないために外皮面積が最も大きい部屋である。暖冷房条件がフィールド調査結果を反映させた極端な部分暖冷房であることから、断熱住宅では住宅内部への熱損失の方が大きく、外皮面積の大きい③北和室の負荷が小さくなったと思われる。このように暖冷房負荷が最小となる滞在場所は住宅の断熱仕様によって異なり、無断熱住宅で負荷が最小となった部屋を断熱住宅で滞在場所として選択しても負荷削減効果は期待できない場合がある。また、方位や階による日射取得条件等の差異は外皮面積の差異と比較して暖冷房負荷に与える影響が小さかった。

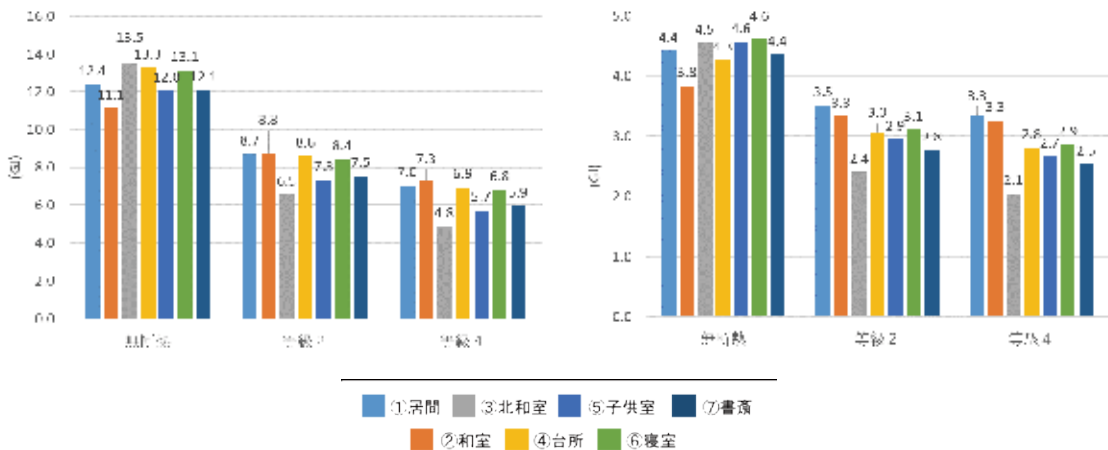


図4 各室を1室暖冷房した場合の年間負荷の比較（左：暖房、右：冷房）

実際のE邸では就寝時以外の生活行為の大半が①居間で行われ、就寝は⑥寝室で行っている。また、夏季は就寝時に寝室を冷房しているが、冬季は個室の暖房はしていない。このような実際のE邸の住まい方の暖冷房負荷と最も負荷の少ない部屋を夏季と冬季それぞれの滞在場所として選択した場合の暖冷房負荷の比較を図5に示す。従来の住まい方と比較して、滞在場所選択の住まい方は無断熱住宅で10%程度、等級4レベルの断熱住宅で30%の暖冷房負荷削減となる。断熱性能が高いモデルの方が削減率が高いのは前述したように外皮面積による影響が大きいためである。

3.2 冬季に縁側空間を滞在空間として利用した場合の暖房負荷削減効果

図6に示す通り、天候にもよるが冬季日中の縁側空間は20℃前後にまで室温が上昇する。現状では利用



図5 負荷が最小の部屋を滞在場所として選択した場合の年間暖冷房負荷の削減効果

されていない冬季日中の縁側の高温を利用した場合の暖房負荷削減効果をEモデルで試算した。条件として縁側空間を滞在場所として選択する場合(①滞在場所選択)と縁側-居間の間仕切りを開放して暖気を居間に取り込んだ場合(②暖気利用)の2つの利用方法について検討した。①滞在場所選択は暖房期間の10時~16時の時間帯で縁側室温が18℃以上の時間帯に居住者が縁側空間に滞在し、居間の暖房負荷が発生しないと仮定した。②暖気利用は縁側-居間に室間換気を設定して居間の自然室温を上昇させて暖房負荷の低減を図った。暖房時間中の室間換気は負荷を増大させるため、暖房開始前(平日10時~12時および14時~16時、休日14時~16時)の時間帯に暖気利用によって居間の予熱を行うものとした。暖房範囲は両条件ともに居間みの1室暖房、スケジュールは間欠運転「居間台所スケジュール」を用いた。

結果を図7に示す。日中(10時~16時)に発生する暖房負荷のうち①滞在場所選択では30%程度、②暖気利用では10%程度を削減できる。一方、住宅の熱容量が小さいために縁側空間の室温低下が早く、暖房負荷削減効果が期待できるのは日中の短時間に限られる。そのため全日の負荷に対しては①滞在場所選択で5%程度、②暖気利用ではごく微量の削減に止まる。また、削減量は断熱が低いモデルの方が大きく削減率は断熱が高いモデルの方が大きかった。フィールド調査では居住者の滞在がほとんど見られず、物置空間となっている住戸も多い縁側空間であるが、住まい方の工夫によっては暖房エネルギーの削減に活用できることが示された。

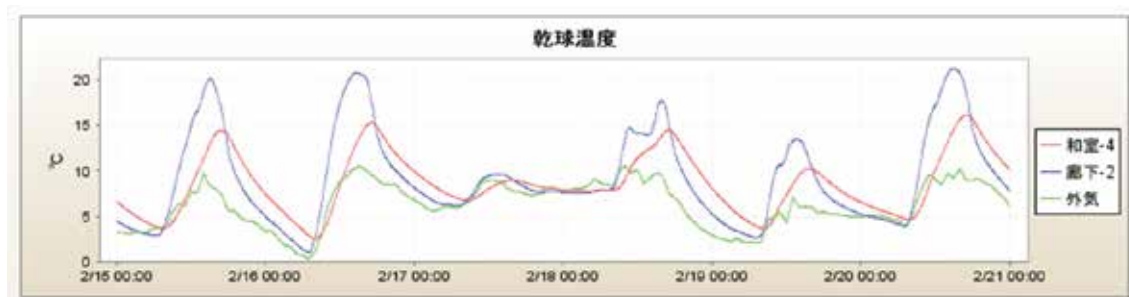


図6 Eモデル縁側(廊下-2)および居間(和室-4)の室温変動例

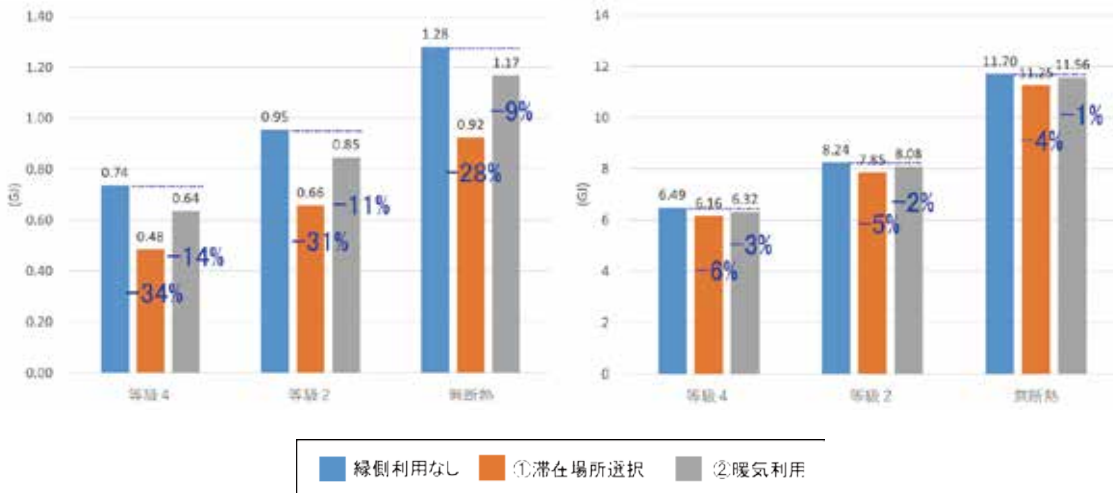


図7 縁側利用の暖房負荷削減効果（左：10～16時、右：全日）

3.3 夏季に土間空間を滞在空間として利用した場合の冷房負荷削減効果

図8に示す通り、夏季日中の土間空間の室温は居間と比べて低温であり、床表面温の低さもあって不快さが緩和された温熱環境が形成されている。また、土間と土壁の熱容量のために居間と比較して室温上昇のピーク時刻が若干遅い。このような特性を活かすために、現状では利用されていないO邸の土間空間を夏季日中の滞在場所として利用した場合の冷房負荷削減効果を算出した。条件として土間の体感温度が居間よりも低い時間帯、且つ、フィールド調査において「休憩」「趣味」などの実施場所の自由度が高い生活行為が行われている時間帯に居住者が土間を滞在場所として選択することを仮定した。具体的には冷房期間の10時～16時で土間のPMVが1.5未満または2.0未満の場合に居住者が土間空間に滞在し、居間の冷房負荷が発生しないと仮定した。冷房方法は実際のO邸を再現して居間隣室に設置されたエアコン1台で居間を含む3室を冷房するものとし、スケジュールは間欠運転「居間台所スケジュール」を用いた。

結果を図9に示す。日中（10時～16時）に発生する冷房負荷のうちPMV<1.5条件で30%、PMV<2.0条件で47%を削減できる。これは全日の負荷に対してそれぞれ8%、12%の削減となる。夏季は日中の冷房負荷が大きいため、夏季日中の土間空間利用は前節の冬季日中の縁側空間利用と比較して全日の負荷に与える影響が大きい。現代住宅ではO邸のような広い土間空間が設けられることや土壁が用いられることは少ないが、熱容量が大きい空間が形成する微気候を住まい方によって活用する意義は大きいと思われる。

4. まとめ

本報ではこれまでのフィールド調査で得られた知見をシミュレーションの設定条件に反映させて住宅の熱負荷解析ツールBEST-Hを用いた暖冷房負荷の試算を行った。結果、最も暖冷房負荷の少ない部屋を夏季と冬季それぞれの滞在場所として選択した場合、従来の住まい方と比較して10～30%程度の負荷削減となった。また、現状では利用されていない冬季日中の縁側空間の高温を利用し、日中を縁側空間で過ごす（居間を暖房しない）場合は4～6%、縁側-居間の間仕切りを開放して暖気を居間に取り込んだ場合は1～3%の暖房負荷削減となった。同様に現状では利用されていない土間空間を利用し、土間室温が居間よりも低温になる夏季日中を土間で過ごす（居間を冷房しない）場合に10%前後の冷房負荷削減となった。

現状ではあまり利用されていない伝統的住宅の空間とそこに形成される微気候は滞在場所選択や住まい

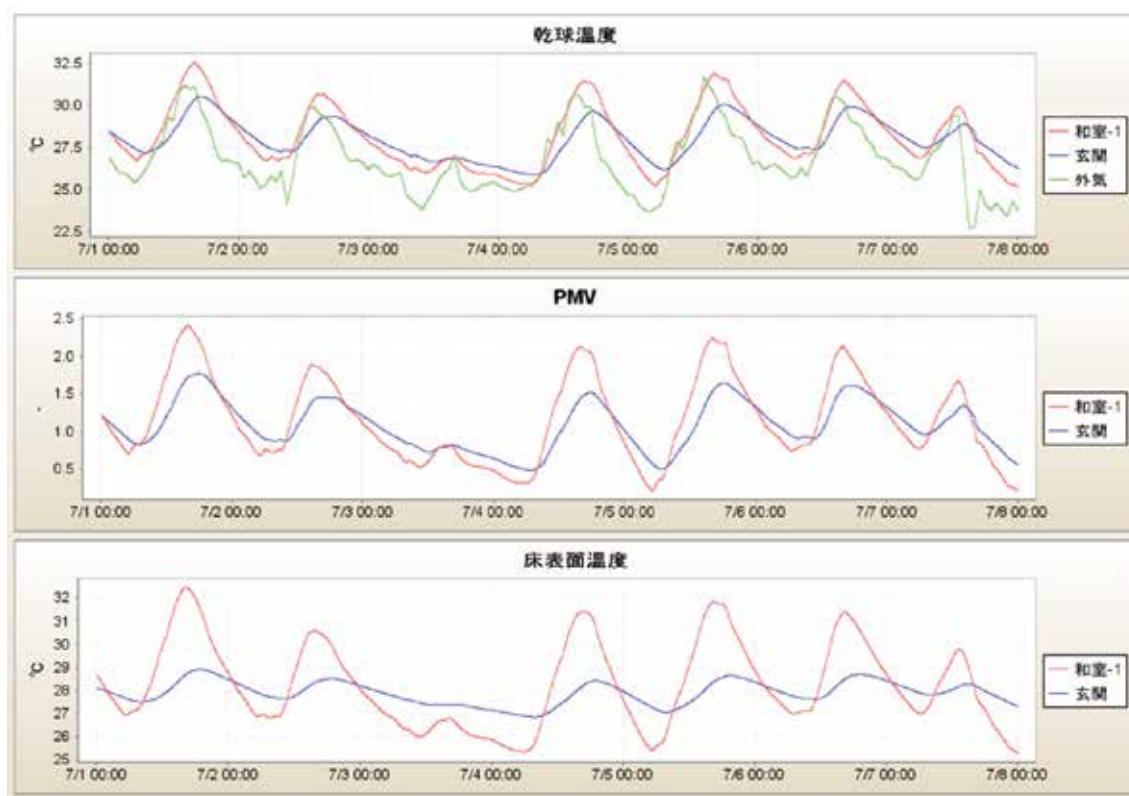


図8 Oモデル土間空間（玄関）および居間（和室-1）の室温、PMV、床表面温変動例

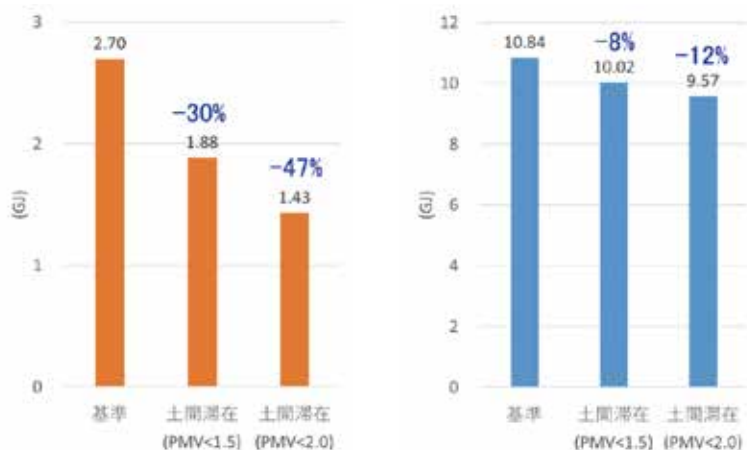


図9 土間空間利用の冷房負荷削減効果（左：10～16時、右：全日）

方の工夫によって上手く活用すれば、快適性を大きく下げずに暖冷房エネルギー消費を削減させる可能性を有することが示された。一方、フィールド調査のインタビューで聞かれた「暑さ・寒さに合わせて同室内で着座場所が変化する」「特定の生活行為の時間が若干長く（短く）なる」などの生活の微細な季節変化はシミュレーションに反映させることが難しい。これらの住まい方の効用を暖冷房負荷以外の方法で評価・表現することが必要と思われる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費17K00793の助成を受けたものである。また、調査にご協力をいただいた皆様に深く感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 澤島智明, 住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例調査: 住宅の空間的特徴に注目して, 日本家政学会 第70回大会研究発表要旨集, P. 113, 2018.
- 2) 澤島智明, 続き間の暖冷房範囲の分析 —住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例調査—, 日本家政学会 第71回大会研究発表要旨集, P. 125, 2019.
- 3) 澤島智明, 冷房時の続き間の間仕切り開閉に関する考察 —住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例調査—, 日本家政学会九州支部第65回大会要旨集, P. 23, 2019.
- 4) 澤島智明, 住宅の暖房範囲と冷房範囲に関する調査: 住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例研究, 佐賀大学教育学部研究論文集 5 (1), pp. 63-80, 2021.
- 5) 澤島智明, 伝統的住居における温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 175-176, 2021.
- 6) 澤島智明, 居住者の滞在がない空間の温熱環境: 住宅温熱環境と居住者の滞在場所に関する事例研究 その2, 佐賀大学教育学部研究論文集 6 (1), pp. 63-71, 2021.
- 7) 澤島智明, 伝統的住居における居住者の滞在場所の工夫による暖冷房エネルギー削減効果の検討, 日本家政学会 第75回大会研究発表要旨集, P. 95, 2023.