

付録 C

住宅における居住者の通風・冷房行為に関する実態把握と行為モデルの構築

期間実測調査による住宅の夏期室内温熱環境に関する実態データの収集

1 期間実測調査による住宅の夏期室内温熱環境に関する実態データの収集

1.1 調査方法

調査概要を表 1 に示す。本調査の実施期間は、2014 年 7 月 1 日から同年 10 月 10 日までの間とした。調査対象は、両親と同居する大学生・大学院生の自宅とし、表 1 に示す要件を満たす 10 世帯とした。対象居室は、居間と寝室とした。

表 1 調査概要

調査方法	環境データ、エアコン・扇風機・窓のステータスデータ、在室状況の自動記録
対象世帯	調査対象の要件 <ul style="list-style-type: none"> ・室内飼いペットがいない ・家族に自宅療養者や要介護者がいない ・居間と寝室の両方にエアコンが設置されている ・居間と寝室が分かれている(同じ部屋でない) ・夏の間、居間を寝室として使うことが少ない
対象居室	居間、寝室
調査期間	2014/7/1~2014/10/10

調査項目は、外気温度、室内温度、室内湿度、エアコンの稼働状況、扇風機の稼働状況、窓の開閉状況、在室状況とした。このうち、外気温度、室内温度、室内湿度、エアコンの稼働状況、窓の開閉状況、在室状況については各種計測機器により自動でデータを収集した。計測概要を表 2 に、設置例を図 1 に示す。外気温度の計測は、ロガー付き小型温度計 (Onset U23-002) を用いて軒下もしくはベランダで行った。室内温度および室内湿度の計測は、ロガー付き小型温湿度計 (Onset UX100-011) により行った。エアコンの稼働状況は、エアコン吹き出し口にロガー付き小型温湿度計 (Onset UX120-014M) を設置して吹出し空気温度を計測し、後の解析においてその変化により判断した。扇風機の稼働状況は、ロガー付き磁気センサ (Onset UX90-004M) により記録した。窓の開閉状況は、ロガー付きマグネットセンサ (Onset UX90-001M) により記録した。在室状況については、室内 CO₂ 濃度を NDIR 方式 CO₂ センサ (T&D RTR-576-H) により計測し、後の解析においてその変化により判断した。計測間隔は外気温度および在室状況については 10 分とし、その他の項目については 1 分とした。なお、機器の設置は居住者自身で行うものとし、外気温度、室内温度および室内湿度については、直射日光やエアコン室外機・室内機およびその他家電機器からの影響ができるだけ小さい場所に、CO₂ センサについては滞在場所付近に設置するように依頼した。

表 2 計測概要

計測項目	機器名称	センサー種別	計測箇所数	記録間隔
外気温度	Onset U23-002	バンドギャップ式	各世帯1点	10分
室内温度	Onset UX100-011	バンドギャップ式	各室1点	1分
室内湿度		静電容量式		1分
エアコンの稼働状況	Onset UX120-014M	熱電対	エアコン1台につき1点	1分
扇風機の稼働状況	Onset UX90-004M	磁気センサ	扇風機1台につき1点	1分
窓の開閉状況	Onset UX90-001M	マグネットセンサ	開閉箇所1つにつき1点	1分
在室状況	T&D RTR-576-H	NDIR方式CO2センサ	各室1点	10分

さらに、調査対象の属性と居住環境や周辺環境に関するアンケートを行った。設問項目を表 3 に示す。なお、間取りについては、以下の情報を含むように依頼し、機器の設置場所と発熱源、エアコンや窓との位置関係を把握した。

- 部屋の大体の大きさ（縦・横のサイズ）
- 大型の電化製品（テレビ、冷蔵庫、エアコン等）
- 家具（テーブル、ソファ、ベッド等）の位置
- 窓・勝手口・室内扉の位置とサイズ
- 窓については種類（以下の窓種類の選択肢から選択）と防犯用面格子の有無
- 外気温湿度、室内温湿度、CO₂センサについては、センサの設置場所と床上からの高さ
開閉センサについては、室内側からみた大よその設置位置と設置したセンサの ID

間取りに関する回答の記入例を図 1 に示す。

表 3 設問項目の一覧

質問項目		回答方法	入力値/選択肢
世帯属性	性別	選択	男性、女性
	年齢	入力	数値
	職業	選択	勤め人、自営業者、農林水産業者、アルバイト・パート、専業主婦・主夫、小学生、中学生、高校生、大学生、その他
住宅建物	建築年	入力	数値
	住宅形式	選択	戸建、集合
	総階数	入力	数値
	居間/主寝室のある階	入力	数値
	住戸の位置	選択	中住戸、角住戸
	間取り	入力	図示
住居環境に対する印象	風通し	選択	良い、やや良い、どちらとも言えない、やや悪い、悪い
	日当たり	選択	
周辺環境に対する印象	騒音	選択	気にならない、あまり気にならない、どちらとも言えない、やや気になる、非常に気になる
	大気汚染、砂ぼこり	選択	
	臭気	選択	
	人通り(日中・夜間)	選択	少ない、やや少ない、どちらとも言えない、やや多い、多い
	車通り(日中・夜間)	選択	
真夏におけるエアコンオフタイマーの利用状況	治安	選択	良い、やや良い、どちらとも言えない、やや悪い、悪い
	利用頻度	選択	毎日、週に4~6日、週に1~3日、週に0回
生活スケジュール	オフタイマーの設定時間	選択	数値
	在宅時間・就寝時間	入力	図示

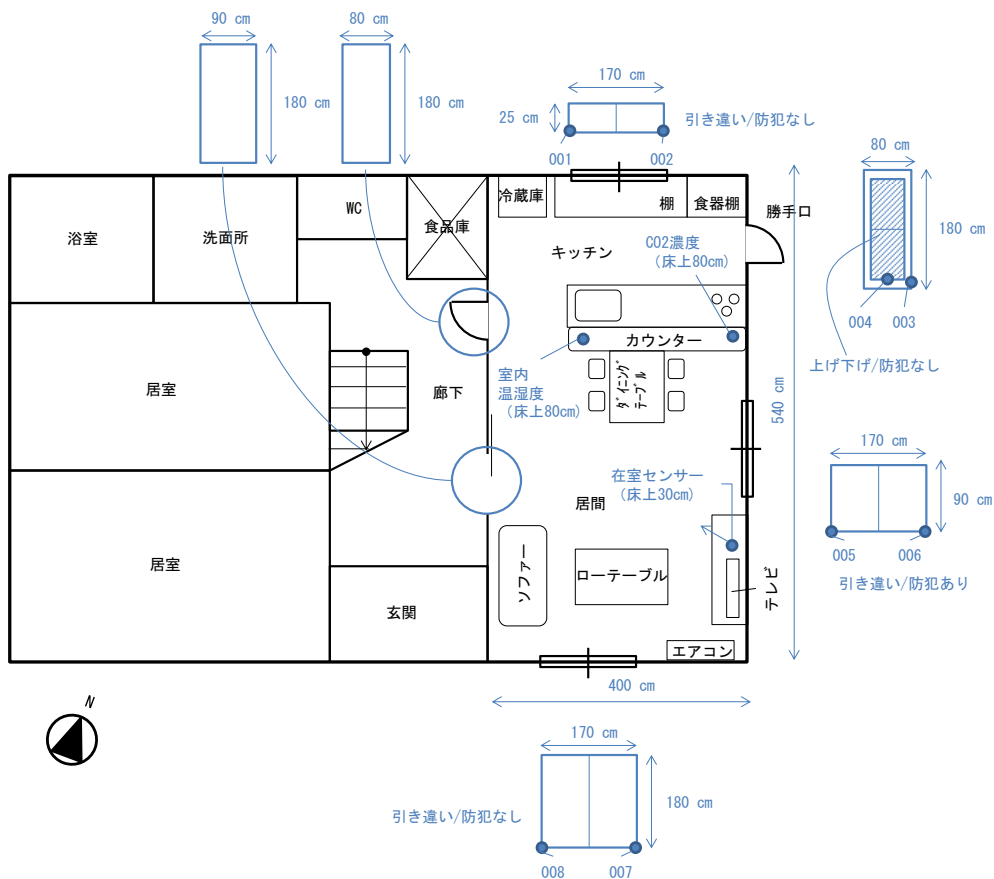


図 1 間取りに関する回答の記入例

1.2 調査対象の基本属性

調査対象世帯の家族構成を表 4 に、入居中の住宅建物に関する状況を表 5 に、住居環境に関する印象を表 6 に、周辺環境に関する印象を表 7 に、真夏におけるエアコンオフタイマーの利用状況を表 8 に示す。

調査世帯 10 世帯のうち、世帯 ID : 4、世帯 ID : 6、世帯 ID : 8 の計 3 世帯は妻が専業主婦、その他の 7 世帯は共働であった。また、世帯 ID : 5 は第 1 子と第 2 子の年齢が他の世帯に比べて高く、世帯 4 は高齢者が含まれていた。入居中の住宅建物については、7 世帯が戸建住宅であった。また、集合住宅に住まう世帯については、世帯 ID : 1 を除けば 1~2 階に住戸が位置していた。住居環境については、世帯 ID : 2 と世帯 ID : 3 は寝室の、世帯 ID : 5 は居間と寝室の風通しに対して悪い側の印象を有していた。周辺環境については、世帯 ID : 5 は騒音に対して、世帯 ID : 8 は騒音・大気汚染・臭気に対して「やや気になる」と回答した。治安については、いずれの世帯の回答も「良い」「やや良い」であった。人通りや車通りについては、日中の車通りに対して世帯 ID : 1、世帯 ID : 6 および世帯 ID : 9 が多い側の回答をしたが、全体としては少ないという印象を有していた。エアコンオフタイマーの利用については、半数の世帯（世帯 ID : 2、世帯 ID : 4、世帯 ID : 5、世帯 ID : 7、世帯 ID : 10）が利用していた。

表 4 調査対象世帯の家族構成

世帯ID	夫		妻		第1子		第2子		第3子		その他	
	職業	年齢	職業	年齢	職業	年齢	職業	年齢	職業	年齢	職業	年齢
1	勤め人	46	勤め人	45	大学生	19						
2	勤め人	47	アルバイト(パート)	46	大学生	21	中学生	15				
3	勤め人	55	アルバイト(パート)	52	大学生	20						
4	勤め人	51	専業主婦	47	大学生	19	高校生	17	中学生	15	専業主婦	78
5	勤め人	58	勤め人	55	アルバイト(パート)	27	勤め人	24	大学生	22		
6	勤め人	49	専業主婦	49	大学生	21	中学生	15				
7	勤め人	56	アルバイト(パート)	52	大学生	25	大学生	21				
8	勤め人	53	専業主婦	53	大学院生	23	大学生	22				
9	勤め人	52	アルバイト(パート)	49	大学院生	23	大学生	20				
10	勤め人	57	アルバイト(パート)	52	大学院生	23	大学生	20				

表 5 入居中の住宅建物

世帯ID	建築年	住宅形式	住棟の 総階数 [階]	居間の 位置 [階]	寝室の 位置 [階]	住戸位置 (集合の場合)
1	2001	集合	14	14	14	中間住戸
2	1999	戸建	3	2	1	-
3	1982	戸建	2	1	2	-
4	2003	戸建	2	1	2	-
5	不明	戸建	3	2	2	-
6	1986	集合	3	1	2	角住戸
7	1998	戸建	2	1	2	-
8	1977	戸建	2	1	2	-
9	1996	集合	5	2	2	角住戸
10	2003	戸建	2	2	2	-

表 6 住居環境に関する印象

世帯ID	居間		寝室	
	風通し	日当たり	風通し	日当たり
1	良い	良い	やや良い	悪い
2	どちらとも言えない	どちらとも言えない	やや悪い	悪い
3	どちらとも言えない	やや悪い	やや悪い	良い
4	良い	良い	やや良い	やや悪い
5	やや悪い	どちらとも言えない	悪い	悪い
6	やや良い	やや悪い	やや良い	やや良い
7	やや良い	良い	良い	良い
8	やや良い	やや良い	良い	良い
9	やや良い	やや良い	やや良い	やや悪い
10	どちらとも言えない	良い	やや良い	良い

表 7 周辺環境に関する印象

世帯ID	騒音	大気汚染	臭気	治安
1	あまり気にならない	気にならない	あまり気にならない	やや良い
2	気にならない	あまり気にならない	気にならない	やや良い
3	気にならない	気にならない	気にならない	良い
4	気にならない	気にならない	気にならない	どちらとも言えない
5	やや気になる	あまり気にならない	気にならない	やや良い
6	どちらとも言えない	あまり気にならない	あまり気にならない	やや良い
7	気にならない	あまり気にならない	あまり気にならない	やや良い
8	やや気になる	やや気になる	やや気になる	やや良い
9	あまり気にならない	どちらとも言えない	気にならない	やや良い
10	気にならない	気にならない	気にならない	良い

世帯ID	日中の人通り	夜間の人通り	日中の車通り	夜間の車通り
1	どちらとも言えない	やや少ない	やや多い	どちらとも言えない
2	やや少ない	少ない	少ない	少ない
3	少ない	少ない	少ない	少ない
4	やや少ない	少ない	少ない	少ない
5	少ない	少ない	やや少ない	やや少ない
6	やや少ない	少ない	多い	やや少ない
7	やや少ない	少ない	やや少ない	少ない
8	やや少ない	やや少ない	やや少ない	少ない
9	少ない	少ない	やや多い	やや少ない
10	少ない	少ない	少ない	少ない

表 8 真夏におけるエアコンオフタイマーの利用状況

世帯ID	調査期間中における 総エアコン使用時間[h]	
	居間	寝室
1	453	476
2	264	177
3	0	0
4	172	238
5	261	0
6	752	767
7	166	33
8	475	368
9	143	0
10	642	143

1.3 分析方法

1.3.1 在室の検出

室の気積を V [m^3]、換気量を Q [m^3/h]、室内の CO_2 発生量を M [m^3/h]、外気の CO_2 濃度を C_o [m^3/m^3]、室内の CO_2 濃度を C [m^3/m^3] とすると、微小時間 dt [h] における室の CO_2 の物質収支式は次式で表される。

$$V \frac{dC}{dt} = M + Q(C_o - C)$$

式 1

式 1 を前進差分により近似すると以下の式を得る。

$$V \frac{C_{t+\Delta t} - C_t}{\Delta t} = M_t + Q_t(C_o - C_t)$$

式 2

ここで、 C_t は時刻 t における室内の CO_2 濃度 [m^3/m^3]、 M_t は時刻 t における室内の CO_2 発生量 [m^3/h]、 Q_t は時刻 t における換気量 [m^3/h]、 Δt は CO_2 データの時間間隔 [h]（ここでは、 $\Delta t = 10/60$ [h]) である。

在室の検出は、計測した室内の CO_2 濃度 C_t [m^3/m^3] および $C_{t+\Delta t}$ [m^3/m^3] を用いて式 2 により推定した室内の CO_2 発生量 M_t [m^3/h] により行った。在室者 1 人当たりの CO_2 発生量 $0.02 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ と仮定し、室内の CO_2 発生量の閾値を $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ とした。外気の CO_2 濃度 C_o [m^3/m^3] には、計測データの最小値を用いた。換気量 Q_t [m^3/h] は、室の換気回数を窓閉鎖時には 0.5 回/h、窓開放時には 2.0 回/h とし、提供された室の平面図から得られた床面積と天井高 (2.4 m を仮定) から仮定した。

1.3.2 1分データの10分データへの変換

室内の温度および相対湿度については、時刻 t_i における値は、時刻 t_i から時刻 t_{i+9} までの 10 個の 1 分データを平均することで 10 分データへ変換した。エアコンの稼働状況、扇風機の稼働状況および窓の開閉状況については、1 分データにおいて時刻 t_i から時刻 t_{i+9} までの間でエアコン、扇風機、窓に対する操作が起きた場合は、10 分データではその操作の生起を時刻 t_i に割り付けた。

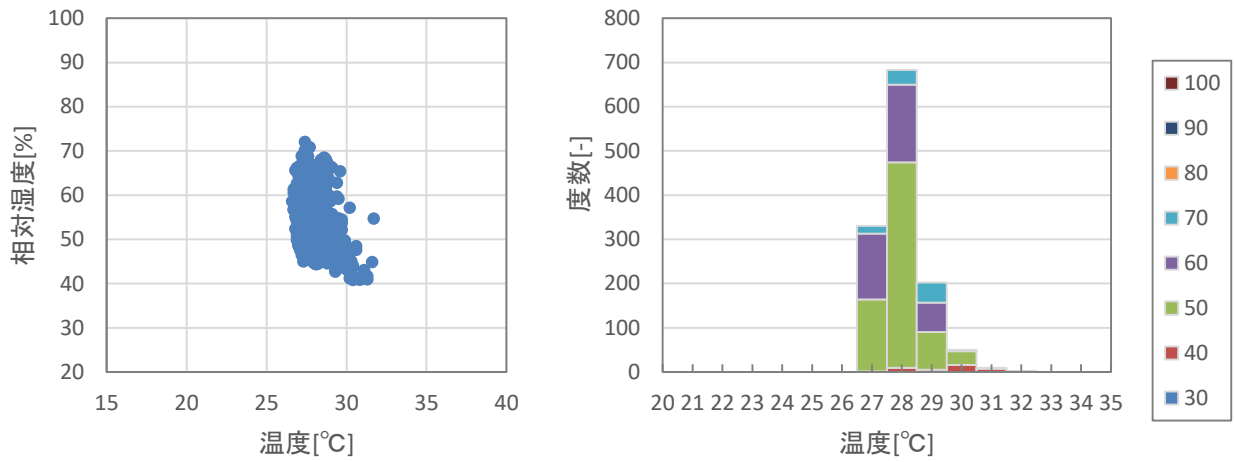
1.4 分析結果

冷房時および通風時の室内の温度および相対湿度、冷房開始時の室内温度、通風時の外気温度を世帯別・室別に図 2、図 3、図 4、図 5、図 6、図 7、図 8、図 9、図 10、図 11、図 12、図 13、図 14、図 15、図 16、図 17、図 18、図 19、図 20 および図 21 に、全世界帯について図 22 および図 23 に示す。なお、冷房時および通風時については、環境の変動が大きいことが予想される、冷房あるいは通

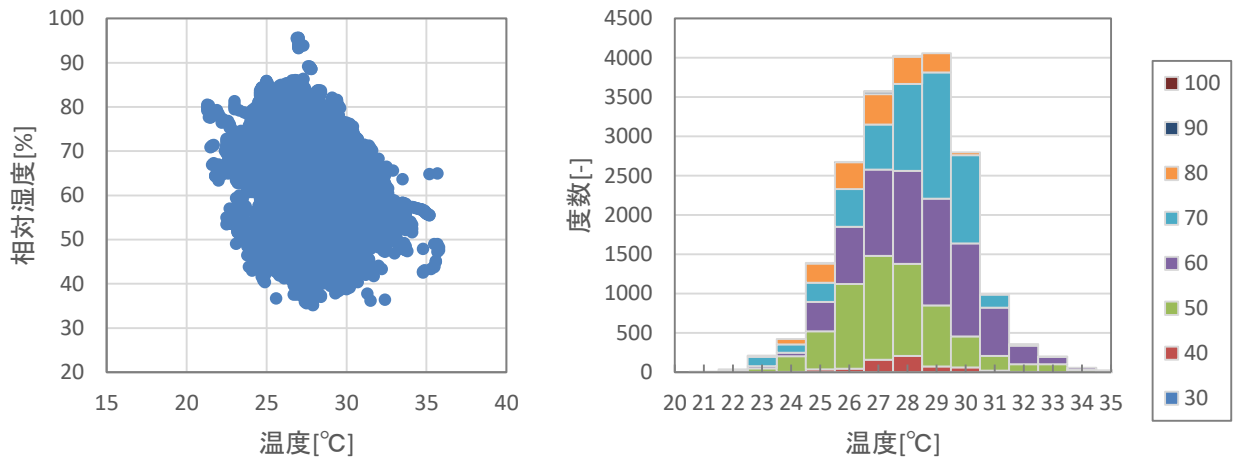
風の開始から1時間以内と、終了の30分前までのデータは除外した。

冷房時の室内温度は、 $27^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$ の温度帯の出現頻度が高い世帯が多かった。冷房時の室内相対湿度は、60%を超える状況も発生した。冷房時に相対湿度が60%を超える状況は、特にID:6、ID:7およびD:9の居間やID:1、ID:2、ID:4、ID:6、ID:7およびID:8の寝室で他の世帯と比べて高い割合で発生した。また、居間よりも寝室で冷房時に相対湿度が60%を超える状況は発生しやすい傾向があった。冷房時の室内相対湿度について、さらに詳細に分析を行うため、室内温度が $27^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲にあった時の外気の温度および相対湿度を室内の相対湿度により整理した結果を図24および図25に示す。冷房時に室内温度が $27^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲にある場合、その大よそ3分の2において冷房時の相対湿度が60%を超える状況であった。また、冷房時の相対湿度が60%を超える状況が発生した時、外気温度は低い範囲に、外気の相対湿度は高い範囲にあることが相対的に多かった。

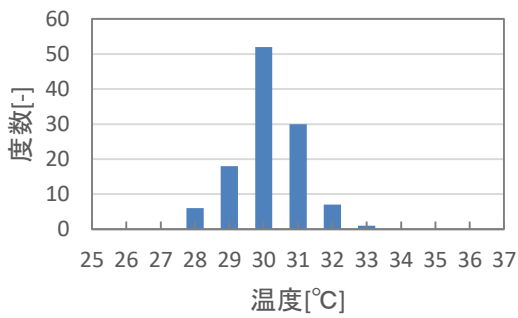
通風の使用は、ID:1、ID:2、ID:4、ID:5およびID:6の居間、ID:1、ID:4およびID:5の寝室のように室内温度が $29^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ を超える範囲では出現が減少した。一方で、同じ温度帯において冷房開始の出現が増加した。従って、 $29^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ の範囲に通風の使用と冷房の使用との分岐点が存在することが予想される。また、外気温度が 20°C を下回ると通風の使用が減少することから、この温度帯の前後に通風使用の限界となる外気温度が存在する可能性がある。



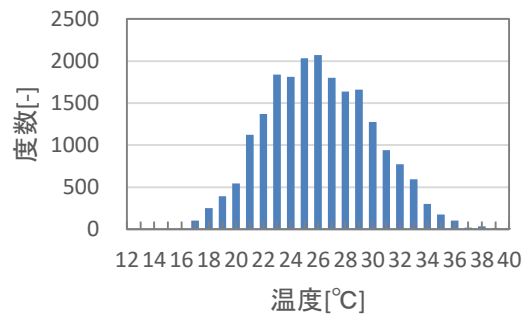
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

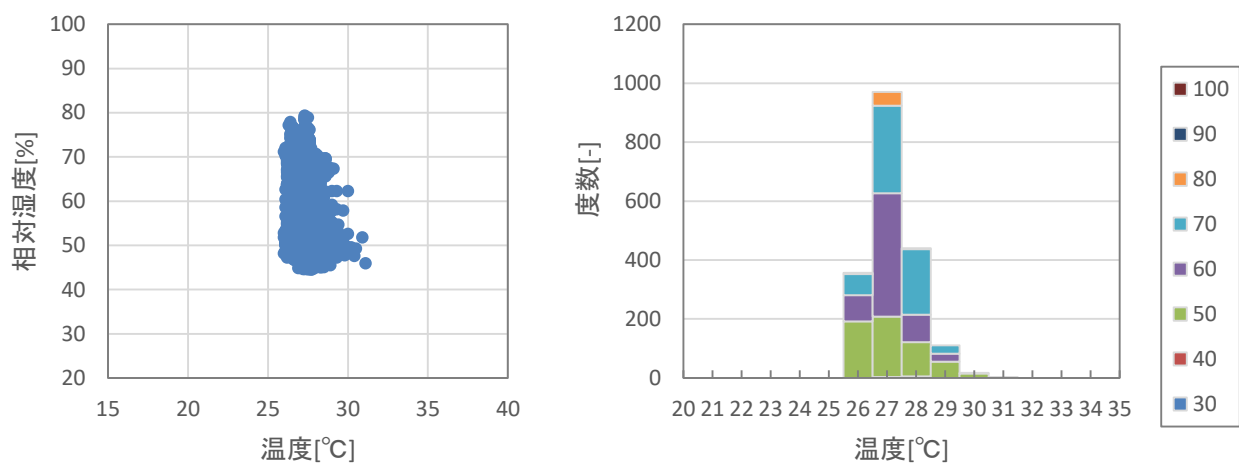


(c) 冷房開始時の室内温度

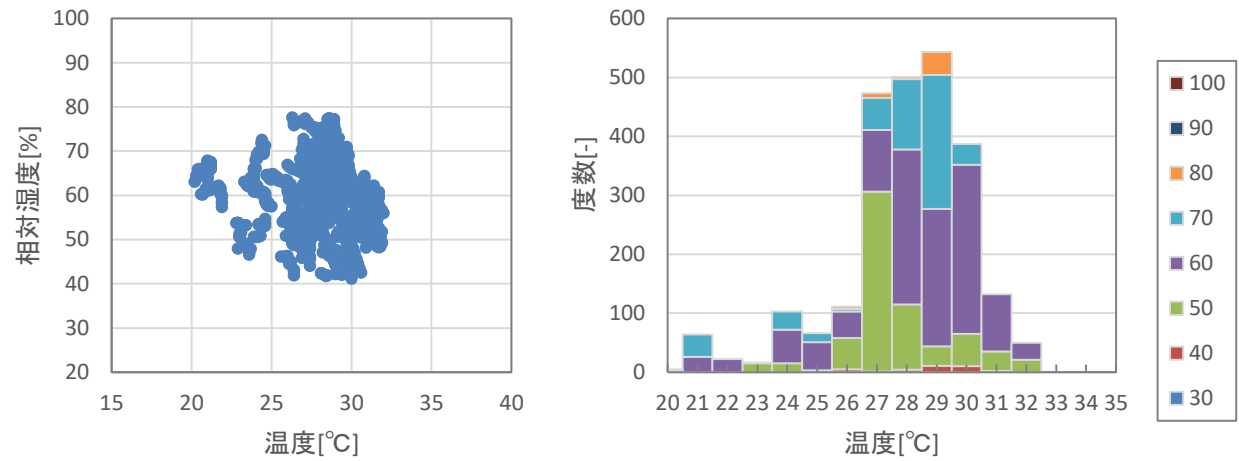


(d) 通風時の外気温度

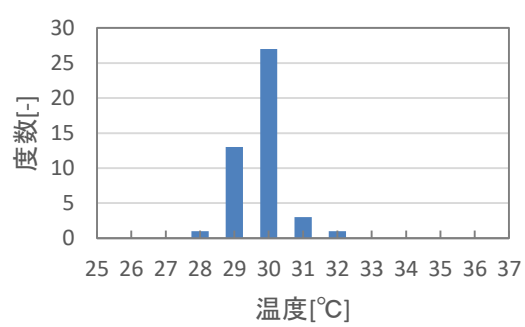
図 2 世帯 ID : 1 の居間



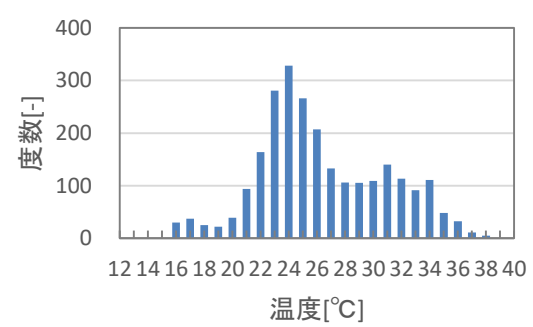
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

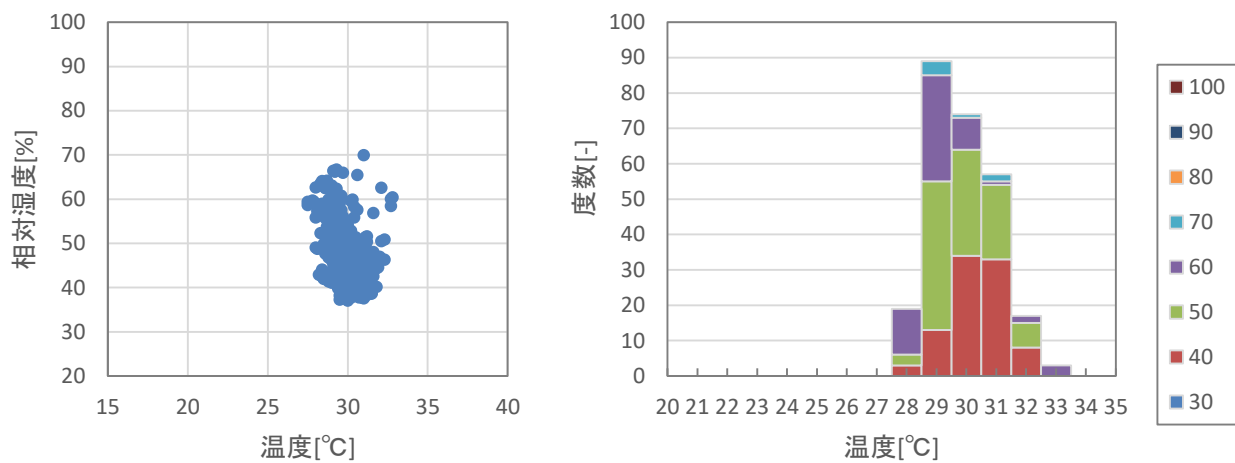


(c) 冷房開始時の室内温度

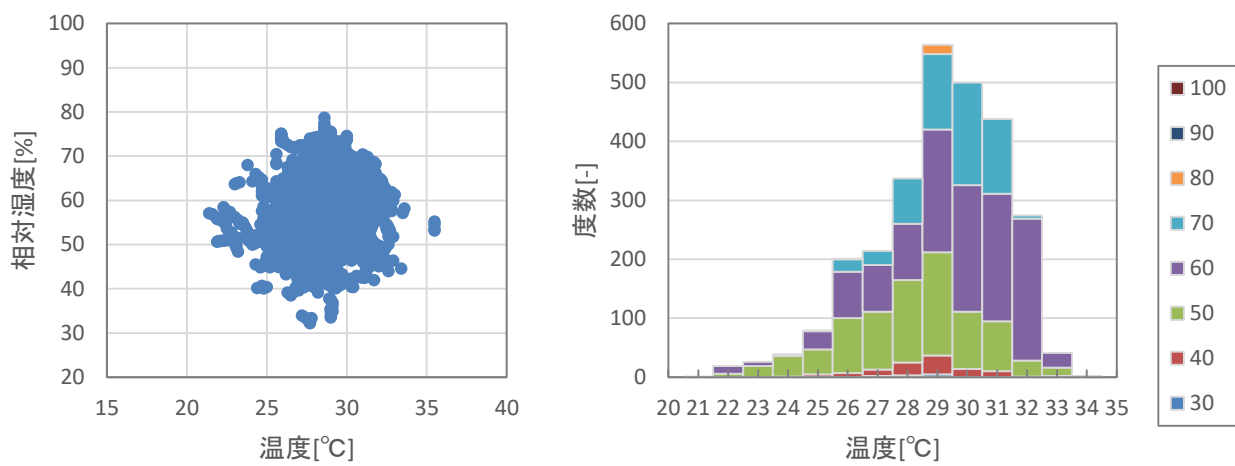


(d) 通風時の外気温度

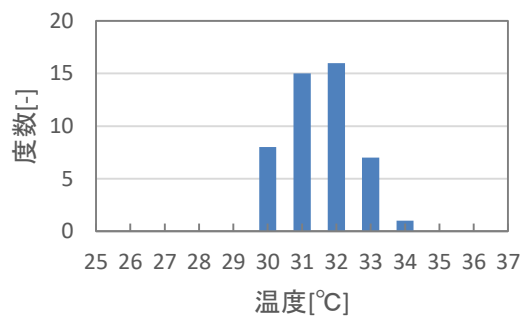
図 3 世帯 ID : 1 の寝室



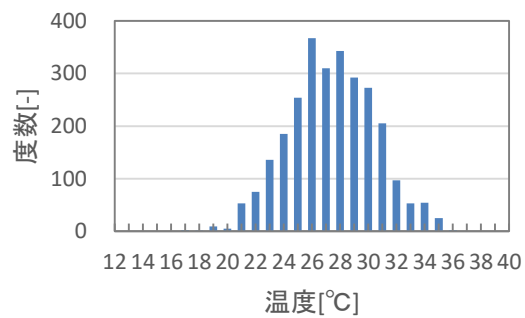
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

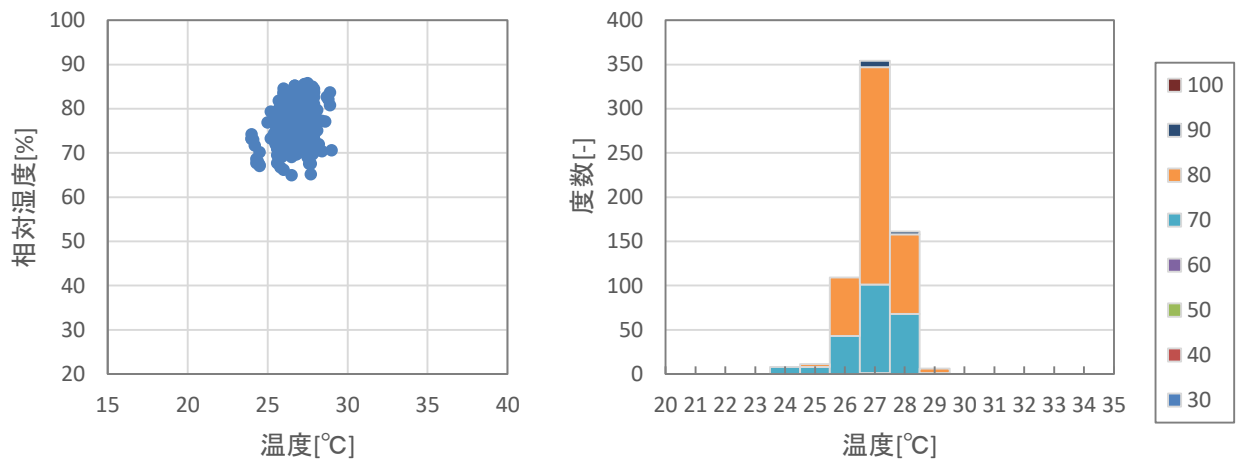


(c) 冷房開始時の室内温度

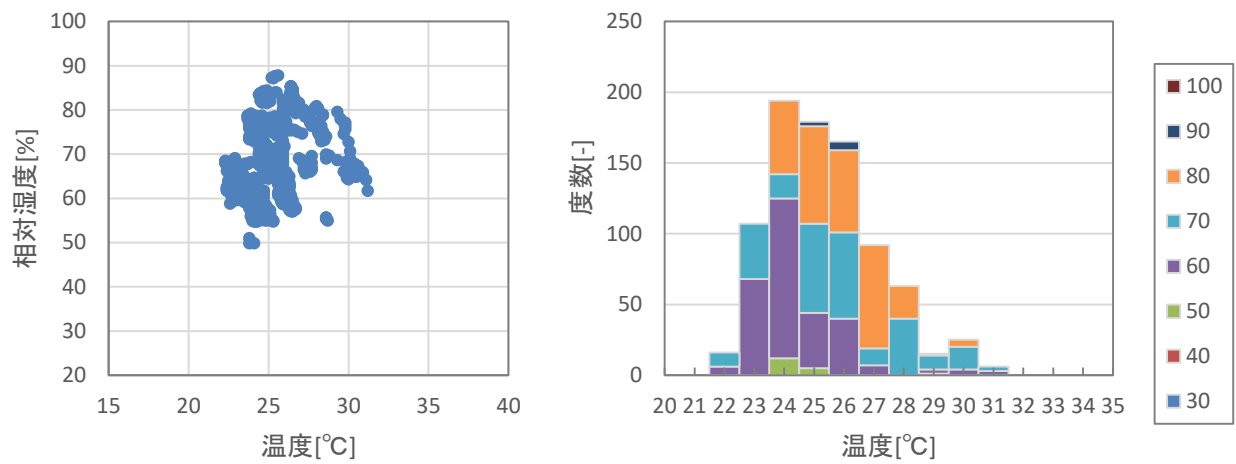


(d) 通風時の外気温度

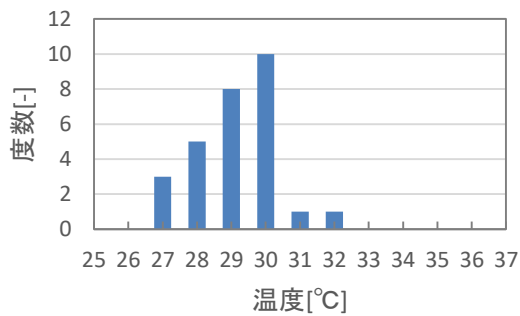
図 4 世帯 ID : 2 の居間



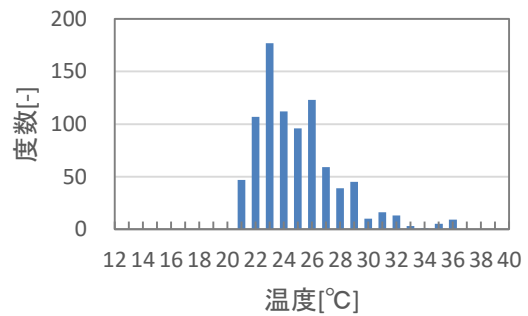
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度



(c) 冷房開始時の室内温度

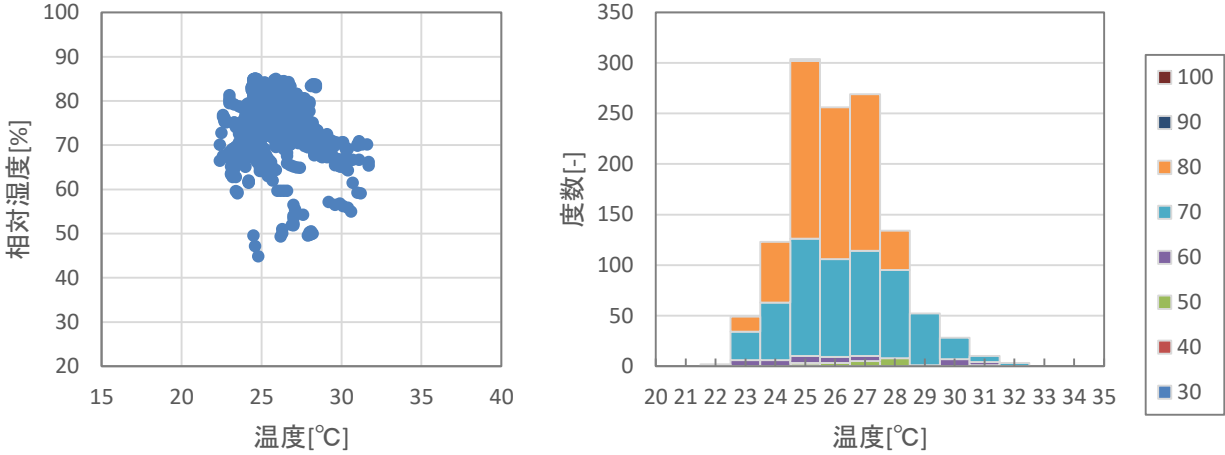


(d) 通風時の外気温度

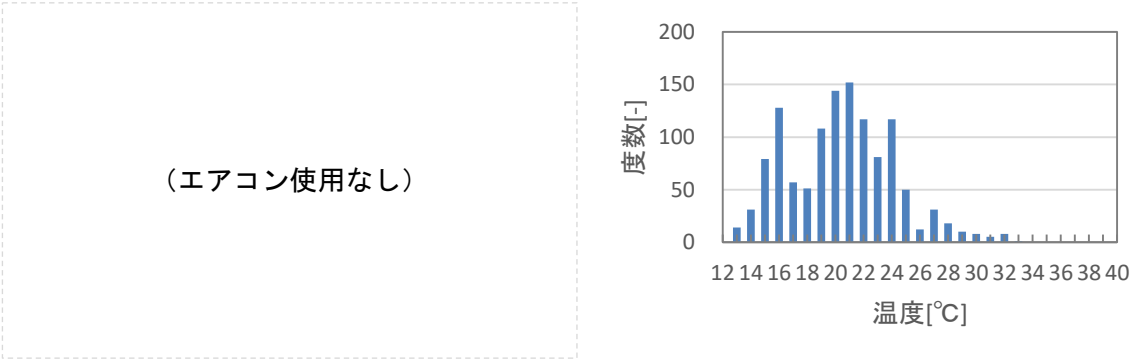
図 5 世帯 ID : 2 の寝室

(エアコン使用なし)

(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度



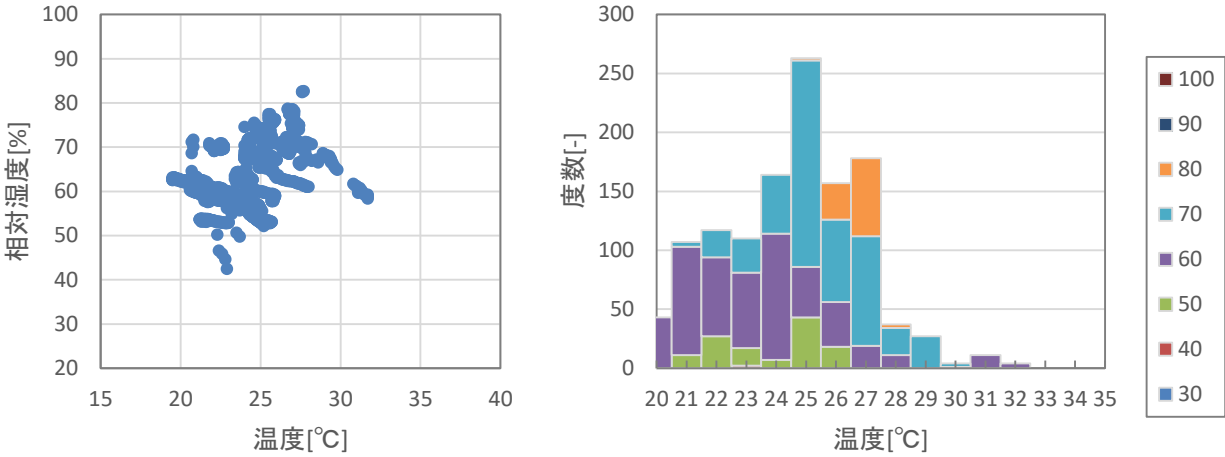
(c) 冷房開始時の室内温度

(d) 通風時の外気温度

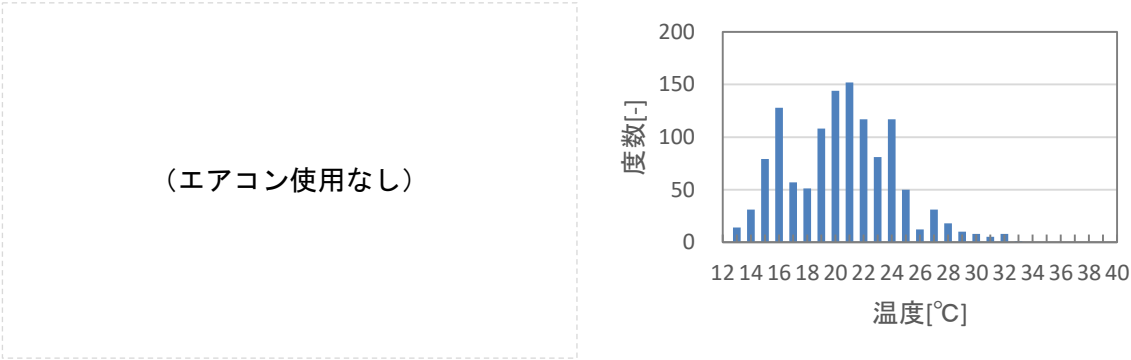
図 6 世帯 ID : 3 の居間

(エアコン使用なし)

(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



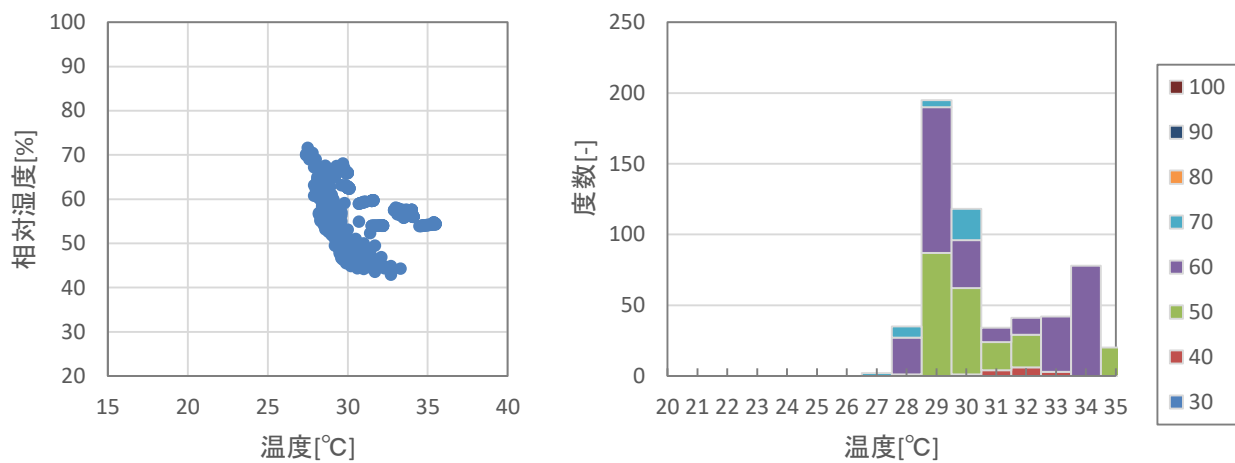
(b) 通風時の室内温度と相対湿度



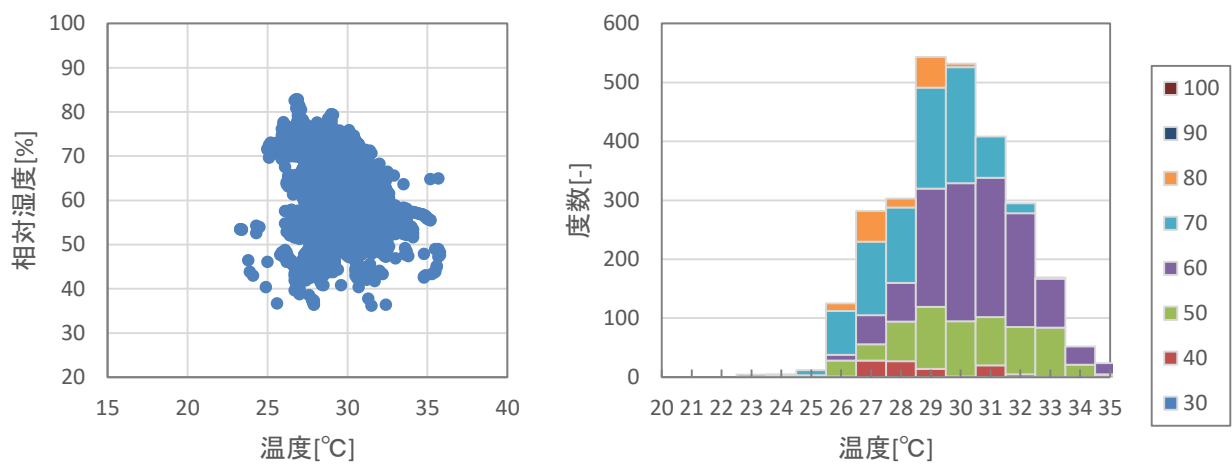
(c) 冷房開始時の室内温度

(d) 通風時の外気温度

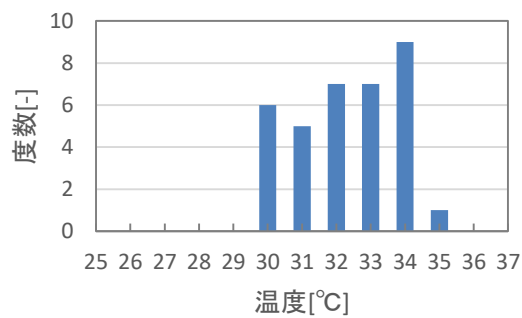
図 7 世帯 ID : 3 の寝室



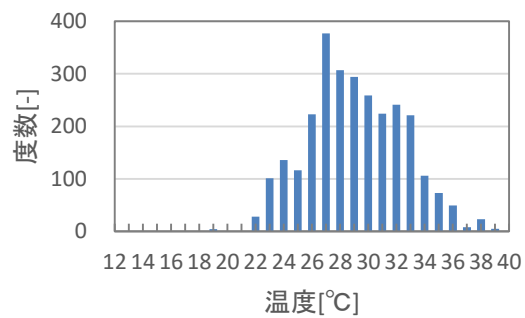
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

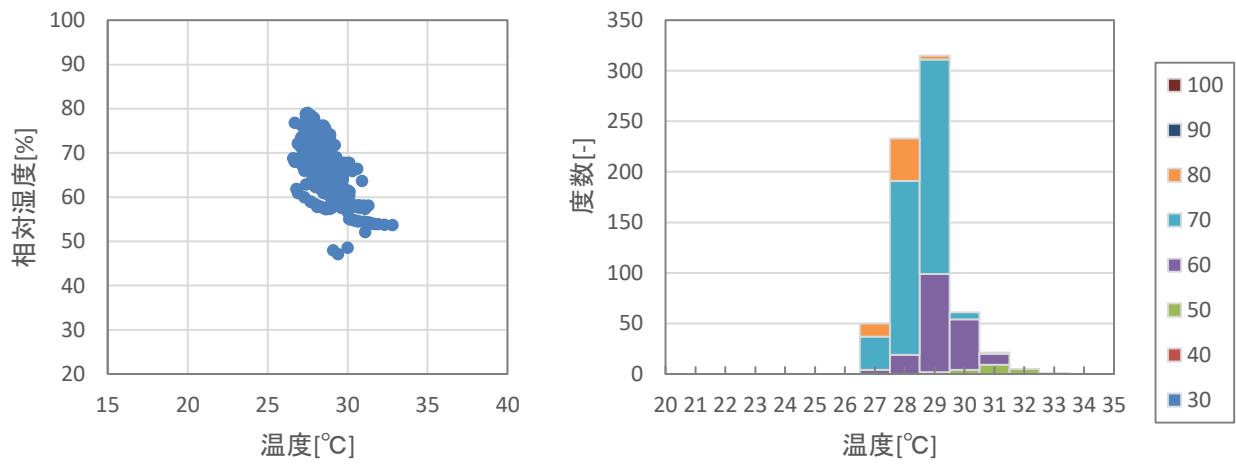


(c) 冷房開始時の室内温度

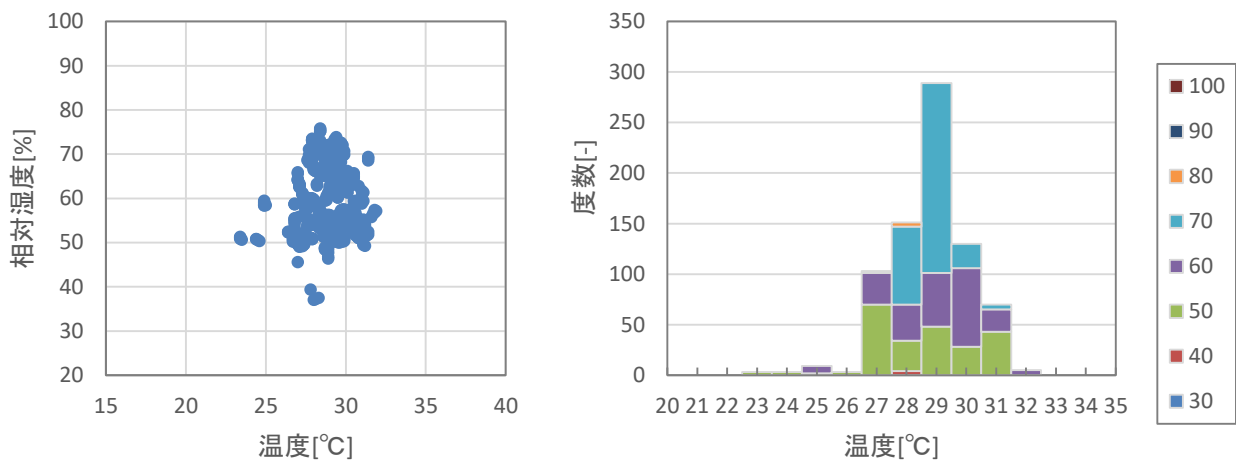


(d) 通風時の外気温度

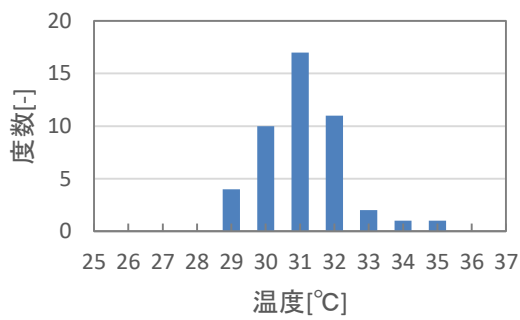
図 8 世帯 ID : 4 の居間



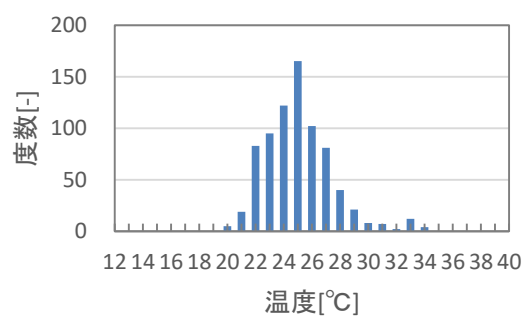
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

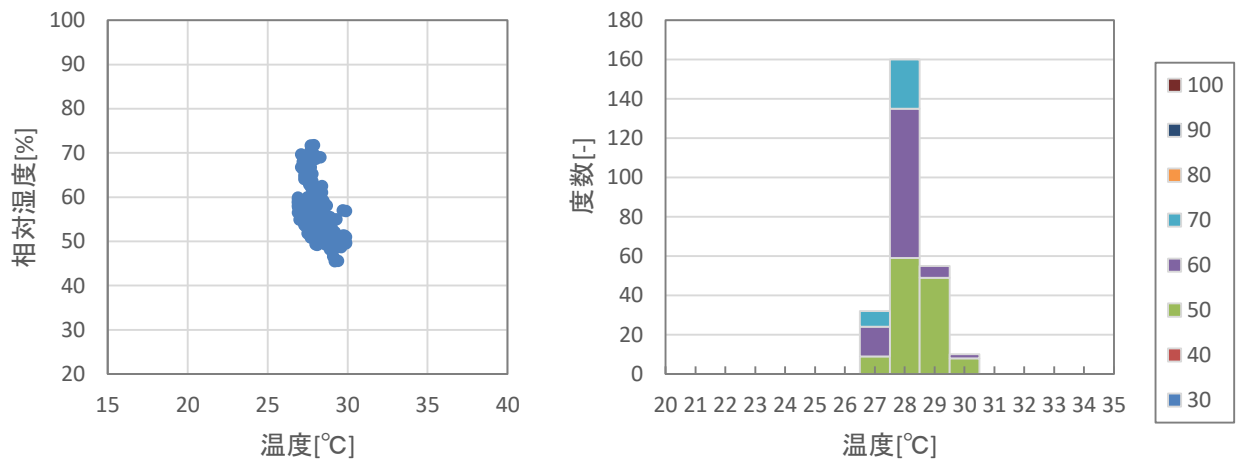


(c) 冷房開始時の室内温度

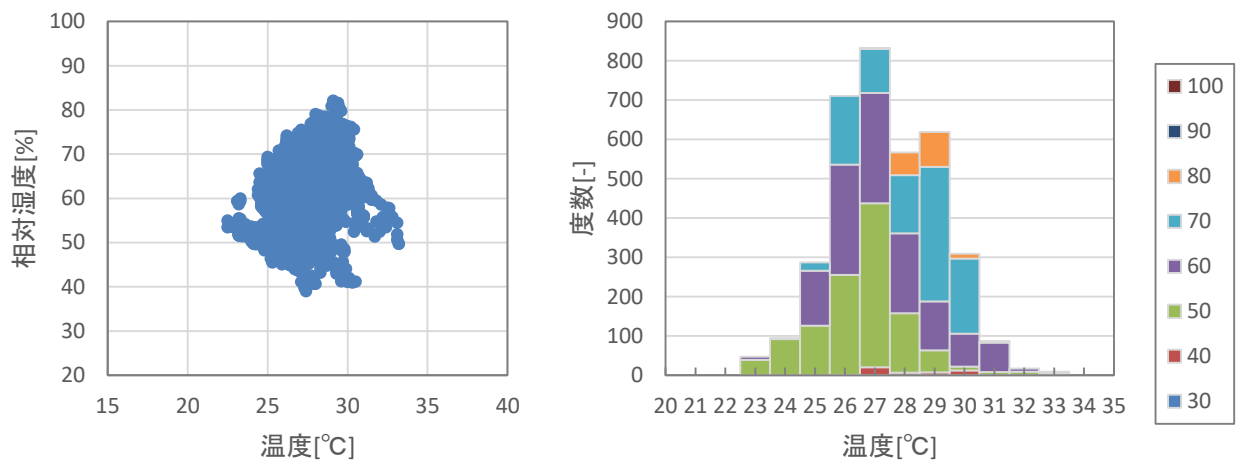


(d) 通風時の外気温度

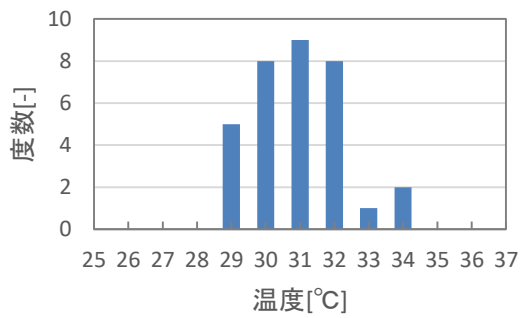
図 9 世帯 ID : 4 の寝室



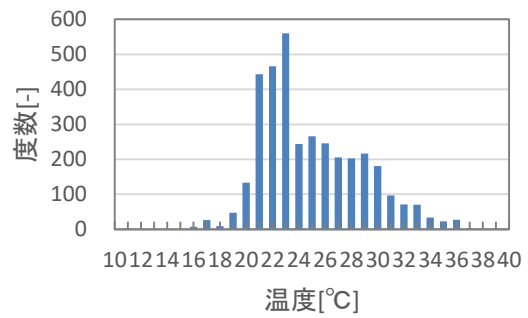
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度



(c) 冷房開始時の室内温度

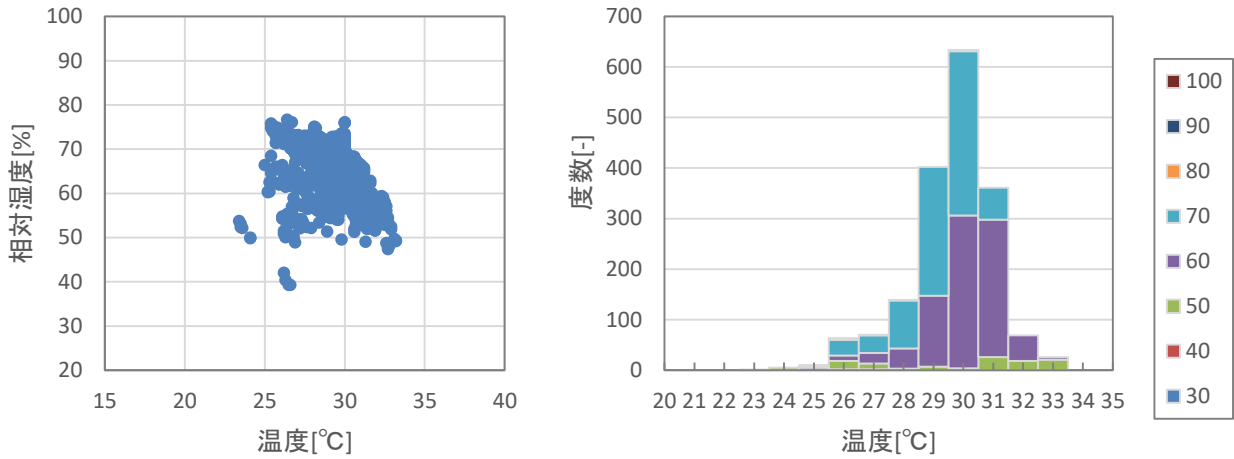


(d) 通風時の外気温度

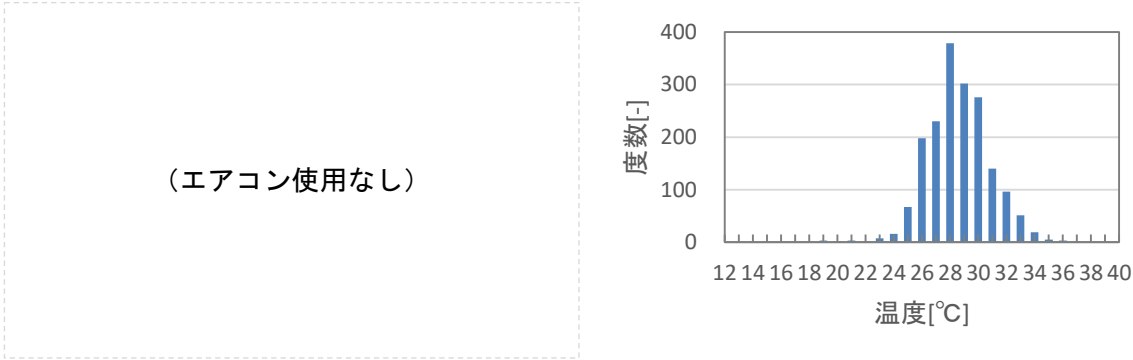
図 10 世帯 ID : 5 の居間

(エアコン使用なし)

(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



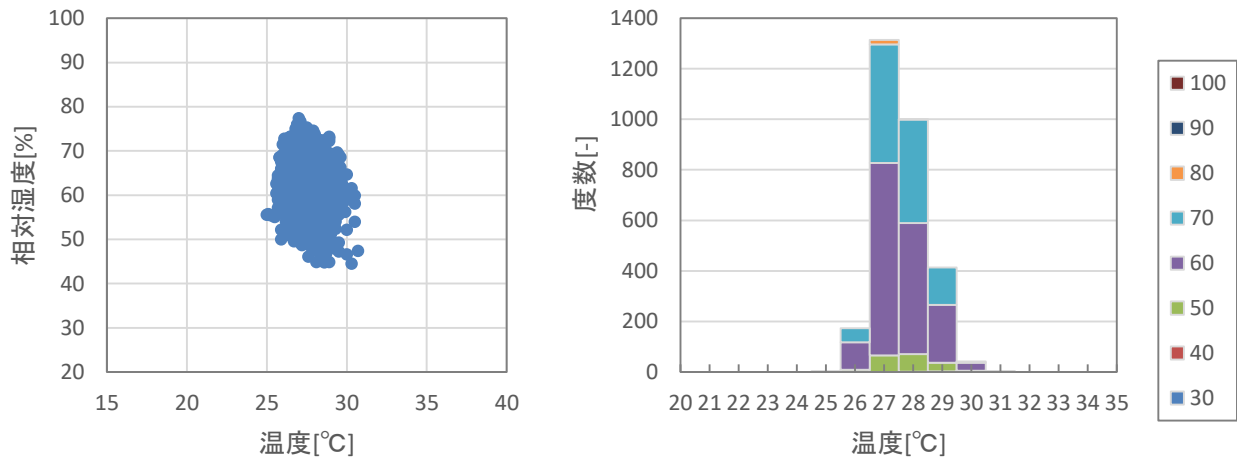
(b) 通風時の室内温度と相対湿度



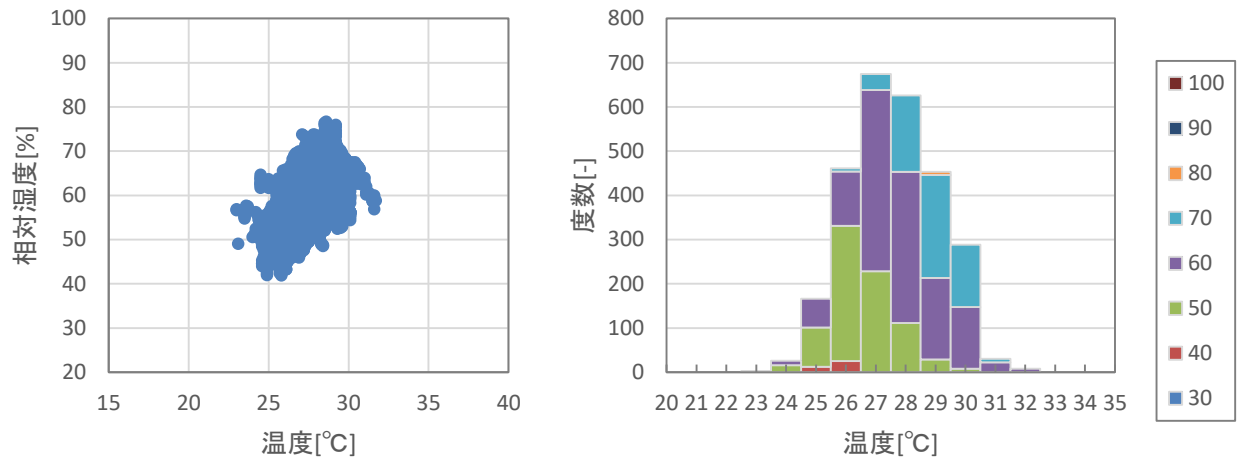
(c) 冷房開始時の室内温度

(d) 通風時の外気温度

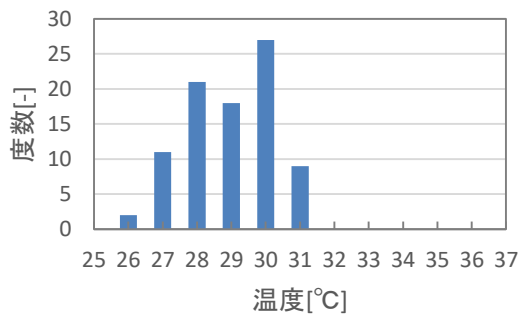
図 11 世帯 ID : 5 の寝室



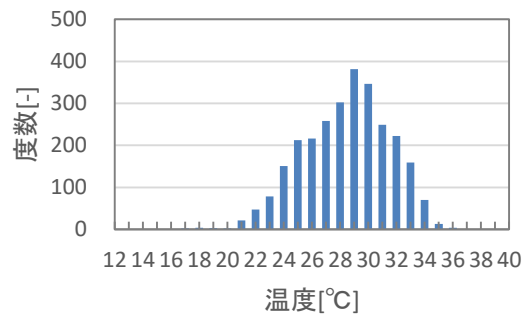
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

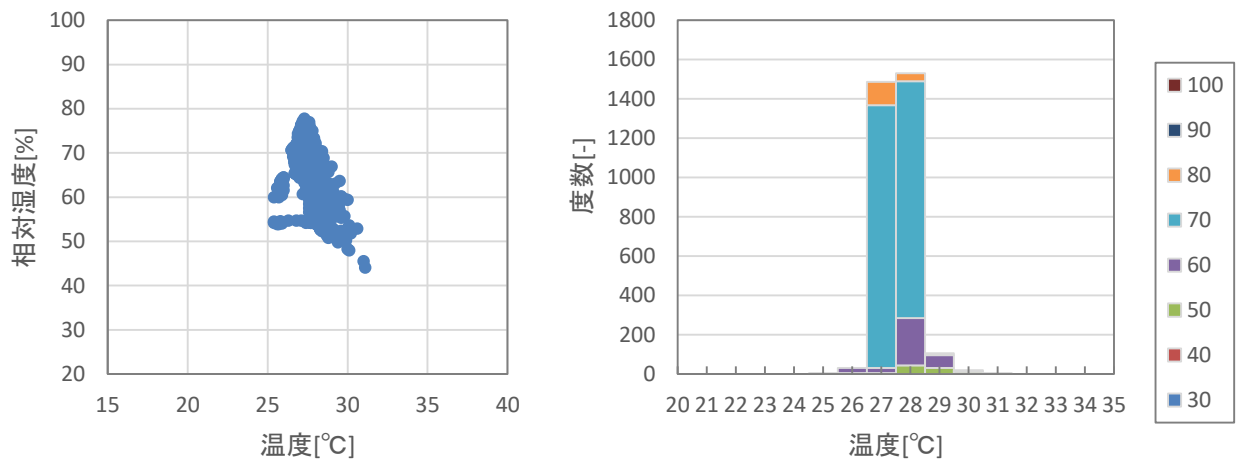


(c) 冷房開始時の室内温度

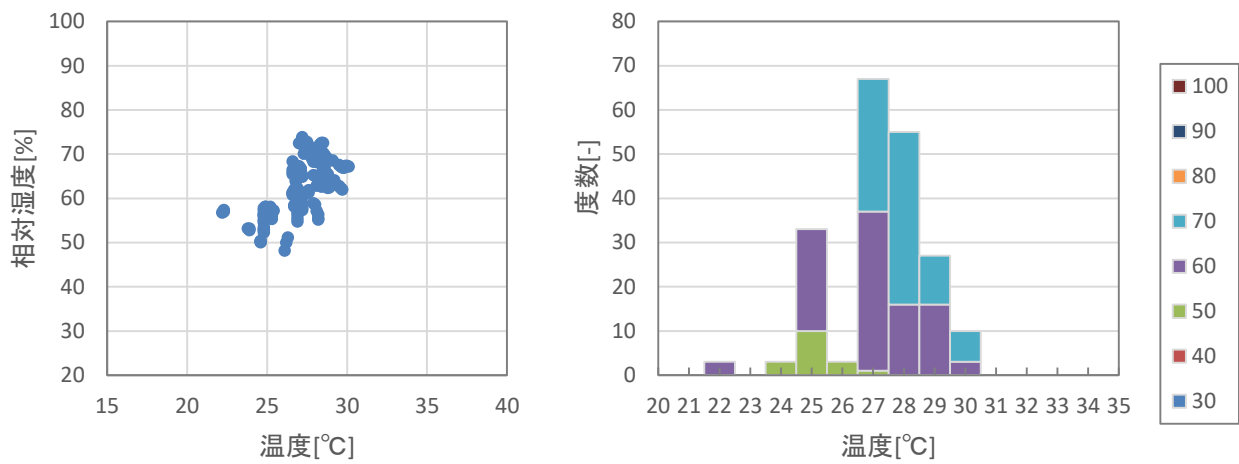


(d) 通風時の外気温度

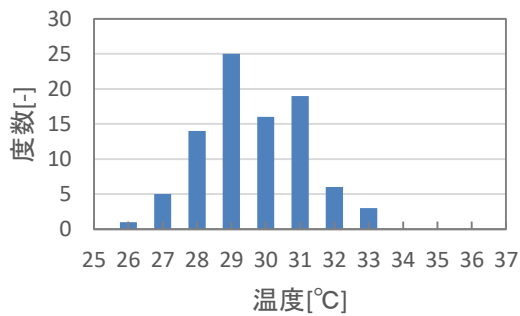
図 12 世帯 ID : 6 の居間



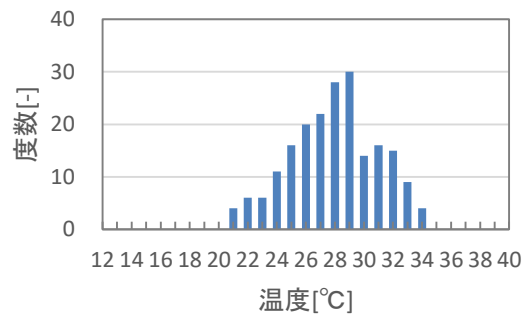
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

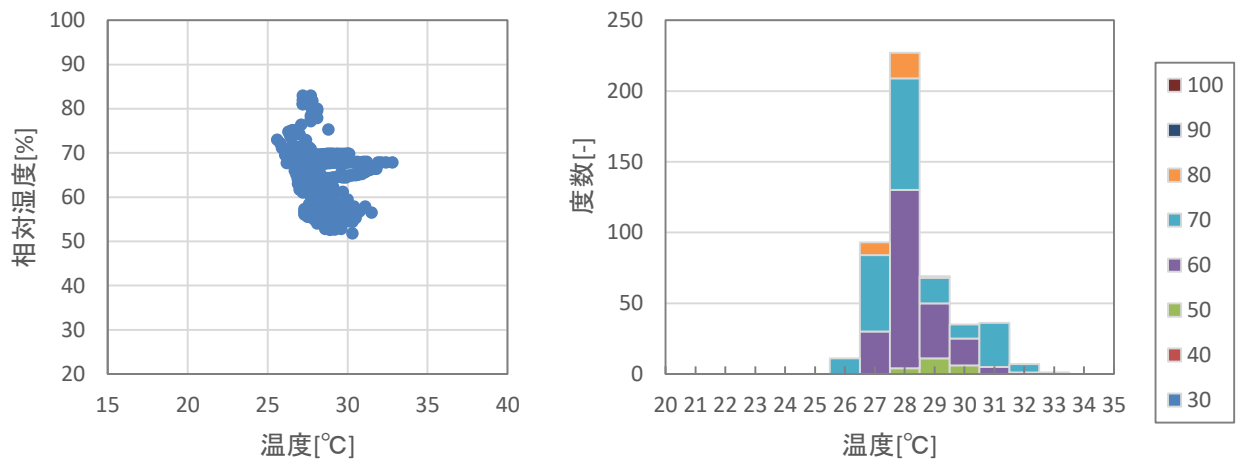


(c) 冷房開始時の室内温度

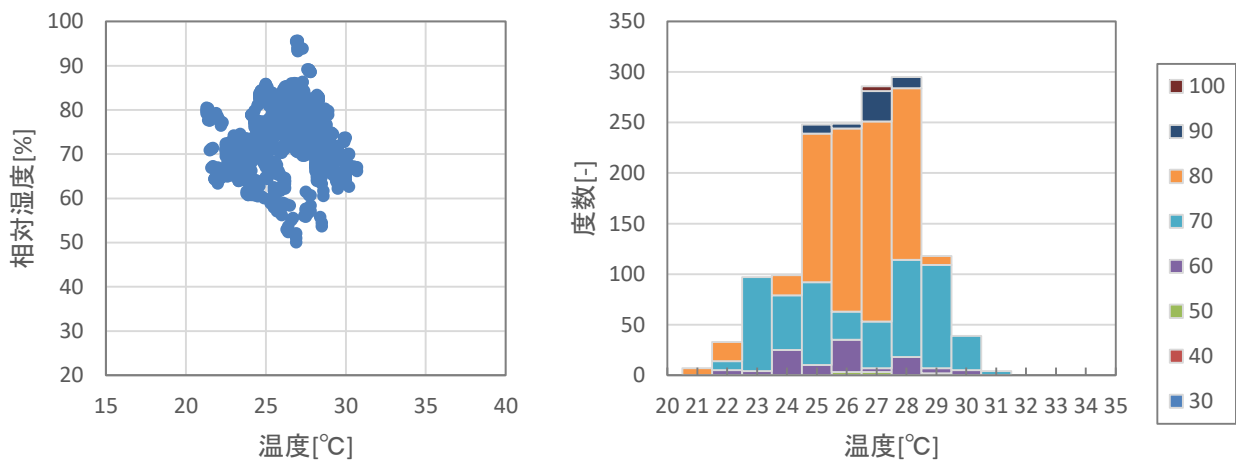


(d) 通風時の外気温度

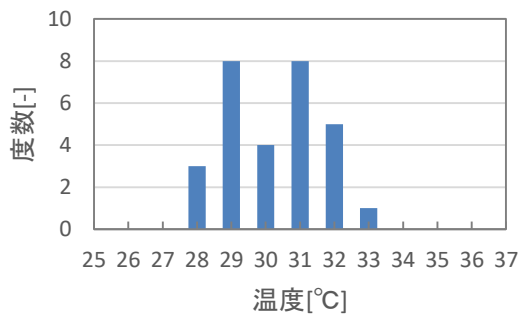
図 13 世帯 ID : 6 の寝室



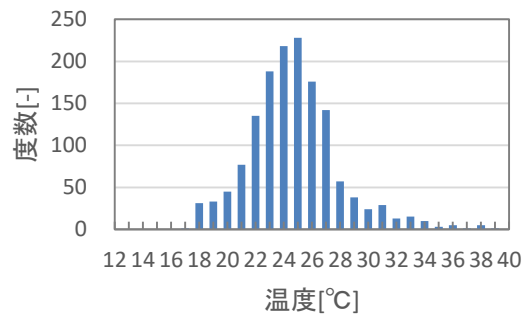
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

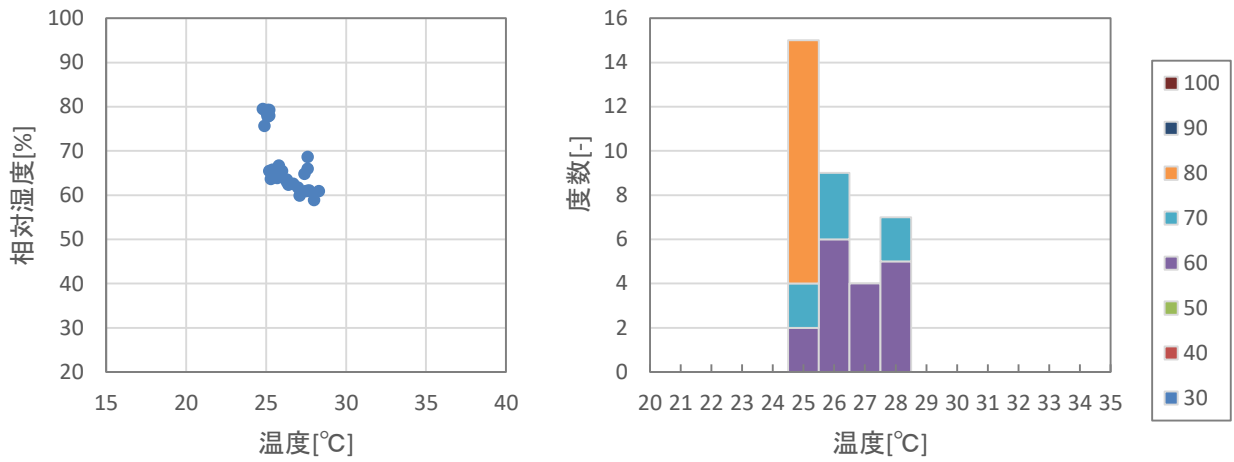


(c) 冷房開始時の室内温度

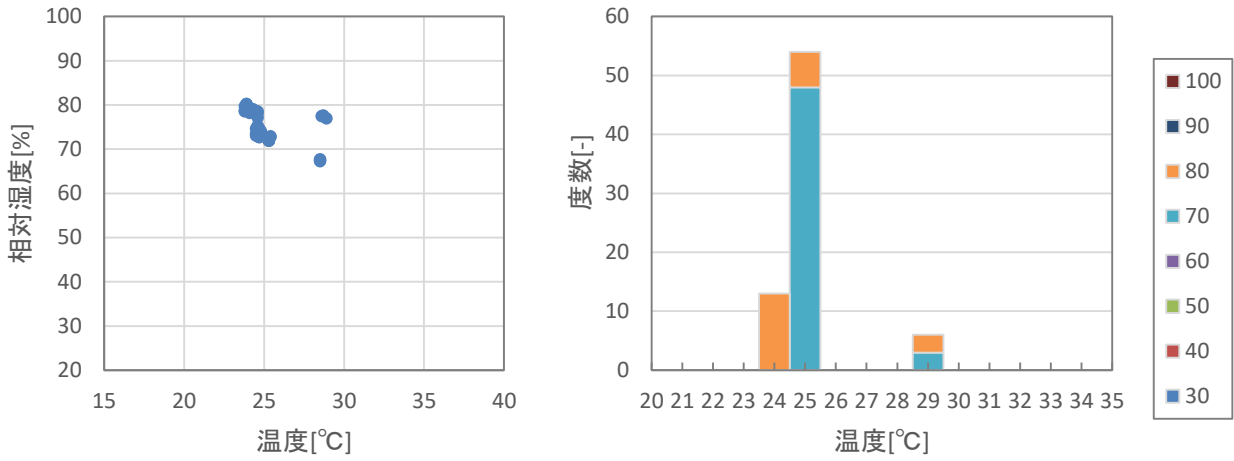


(d) 通風時の外気温度

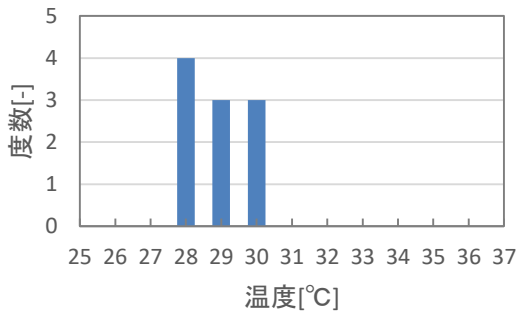
図 14 世帯 ID : 7 の居間



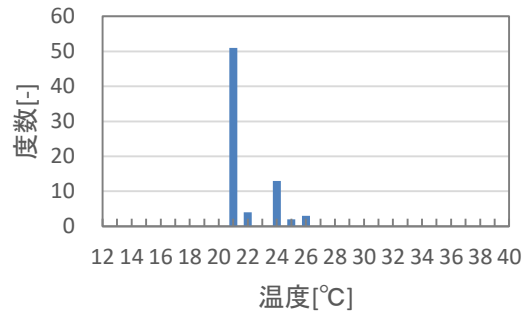
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

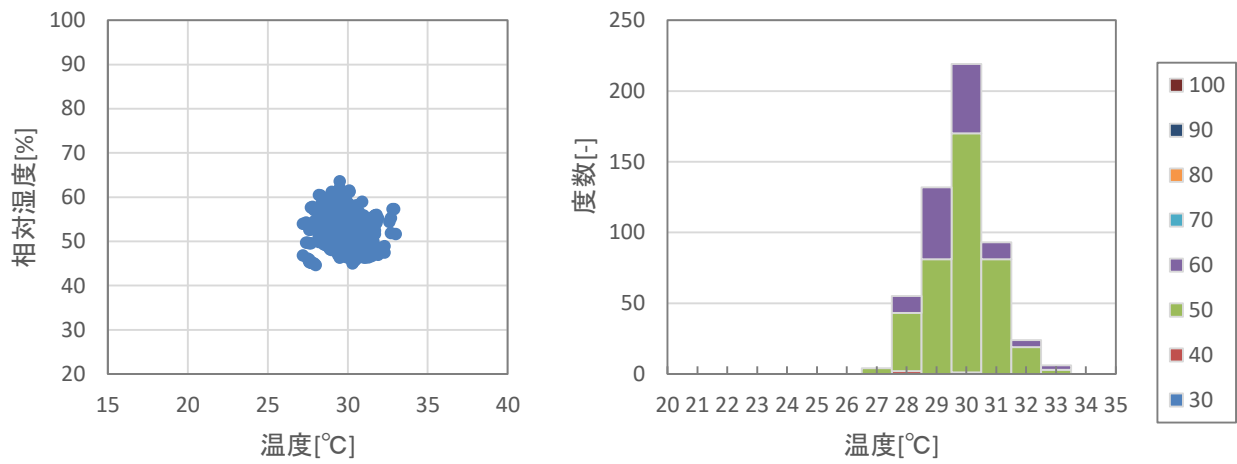


(c) 冷房開始時の室内温度

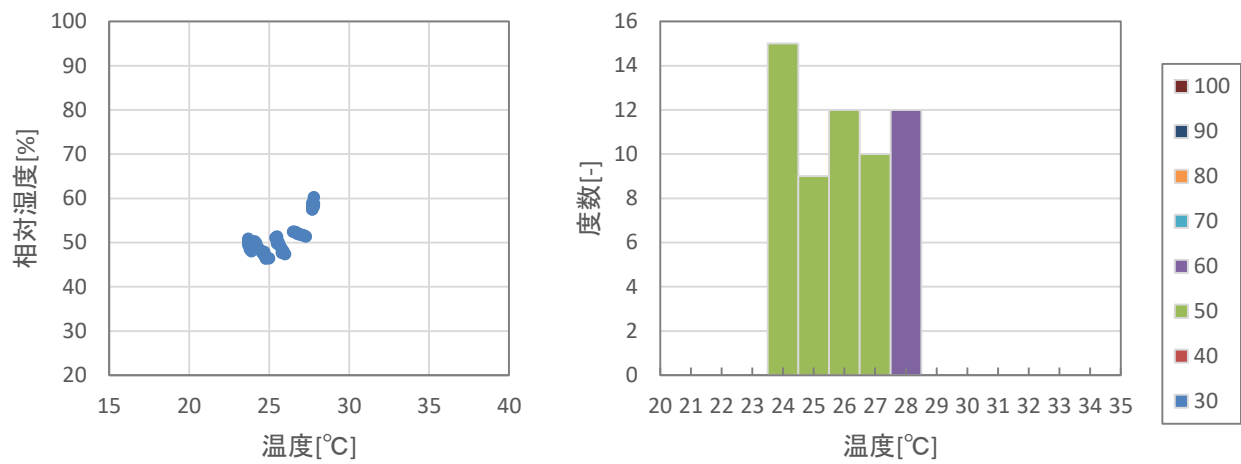


(d) 通風時の外気温度

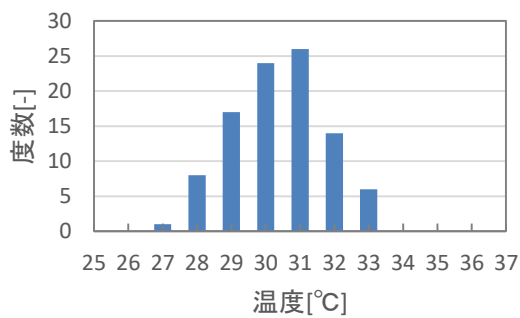
図 15 世帯 ID : 7 の寝室



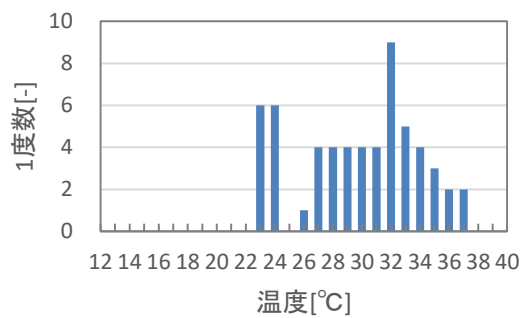
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

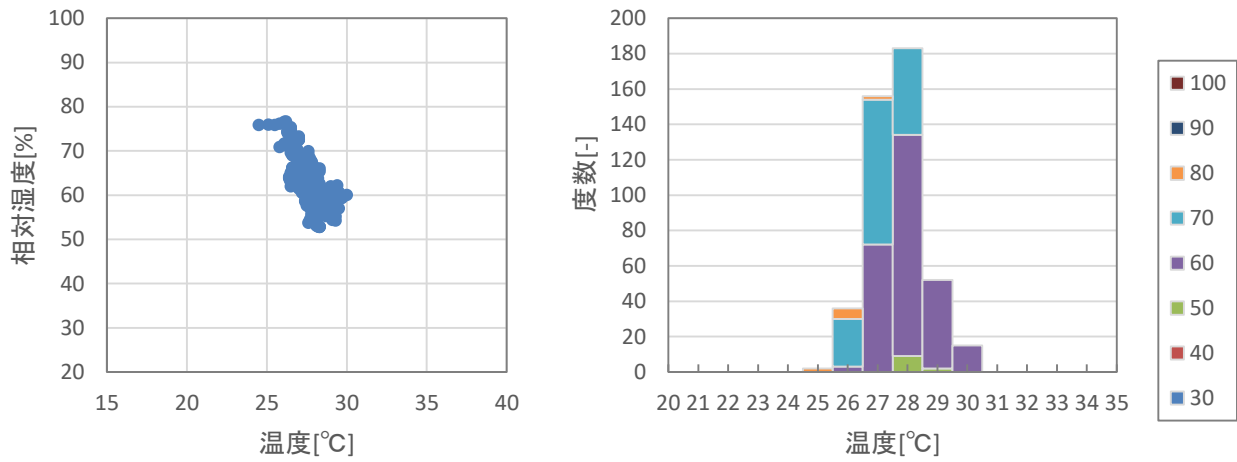


(c) 冷房開始時の室内温度

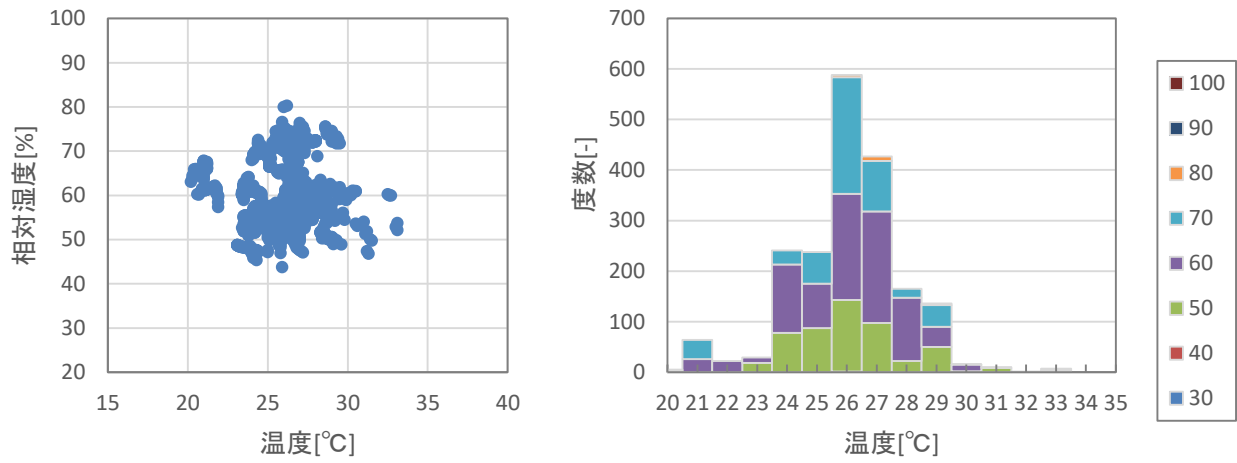


(d) 通風時の外気温度

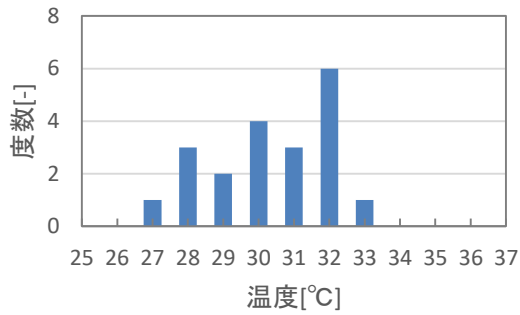
図 16 世帯 ID : 8 の居間



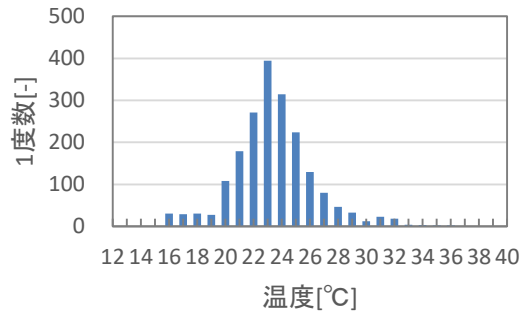
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

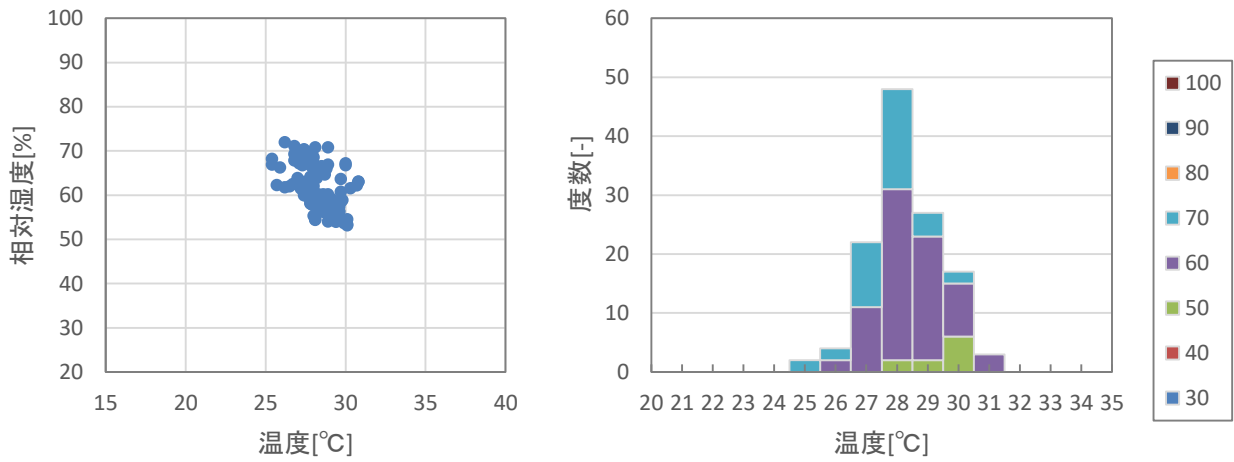


(c) 冷房開始時の室内温度

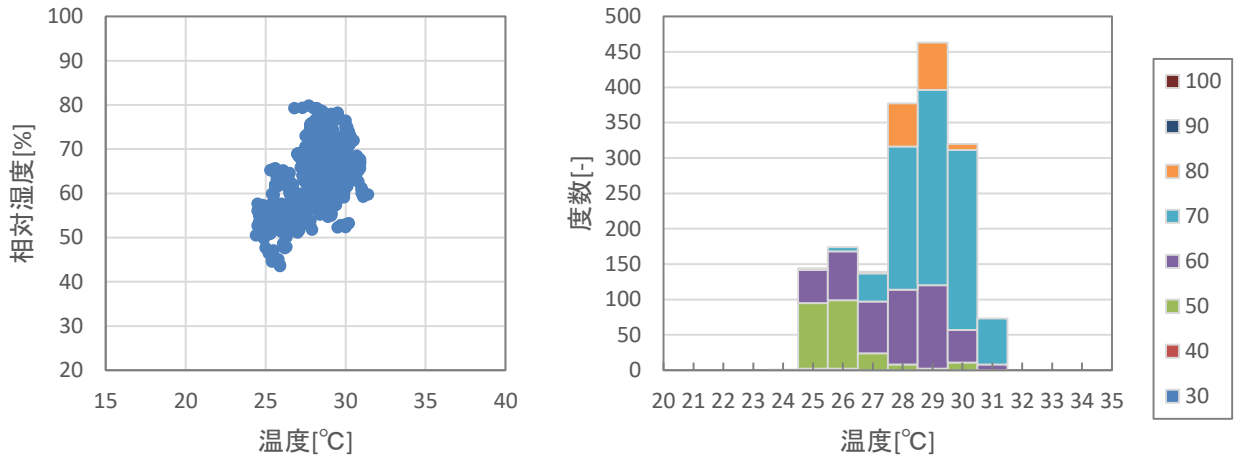


(d) 通風時の外気温度

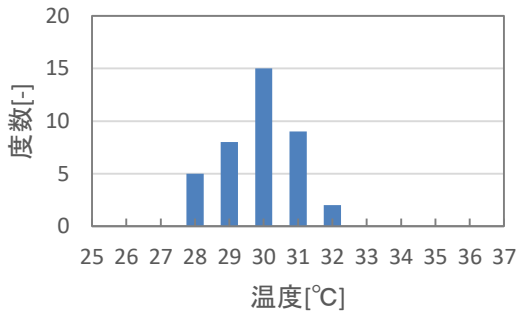
図 17 世帯 ID : 8 の寝室



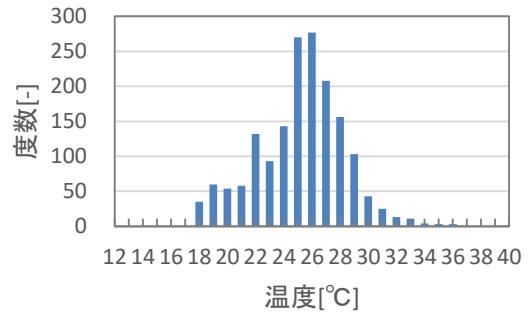
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度



(c) 冷房開始時の室内温度

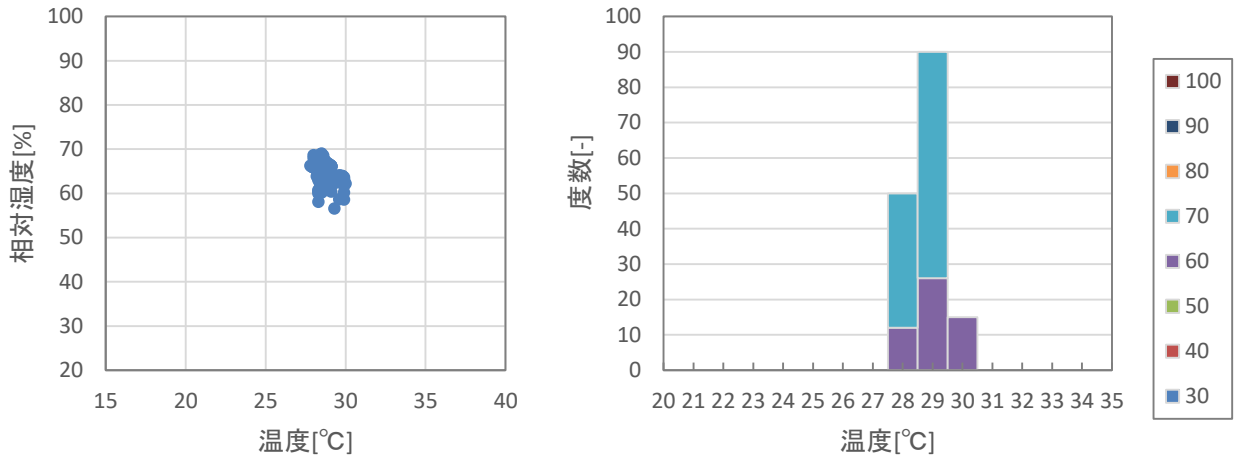


(d) 通風時の外気温度

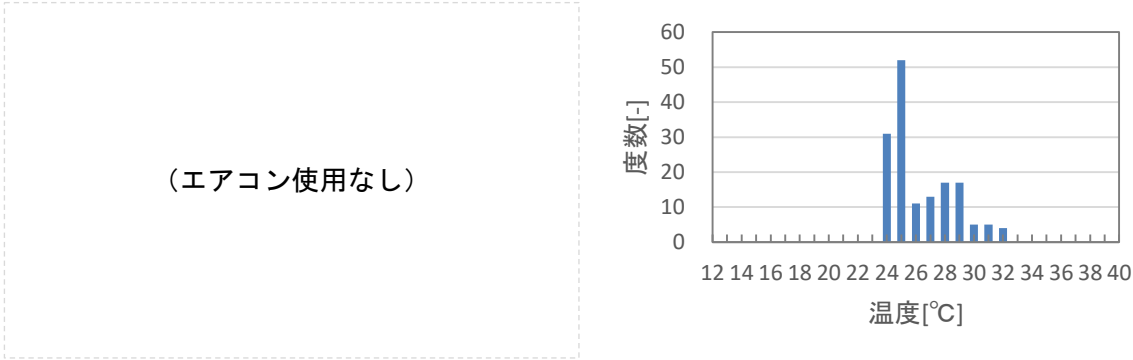
図 18 世帯 ID : 9 の居間

(エアコン使用なし)

(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



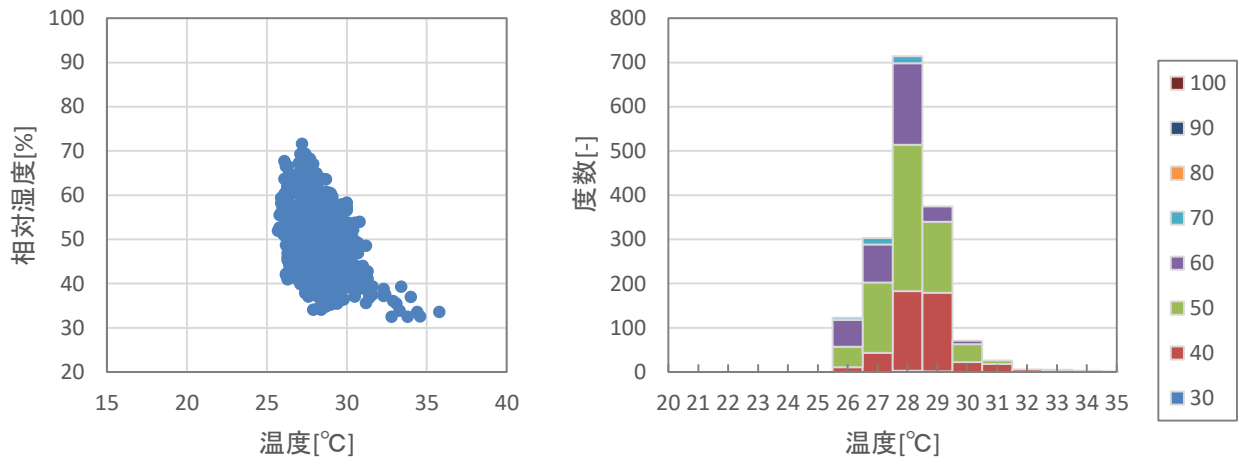
(b) 通風時の室内温度と相対湿度



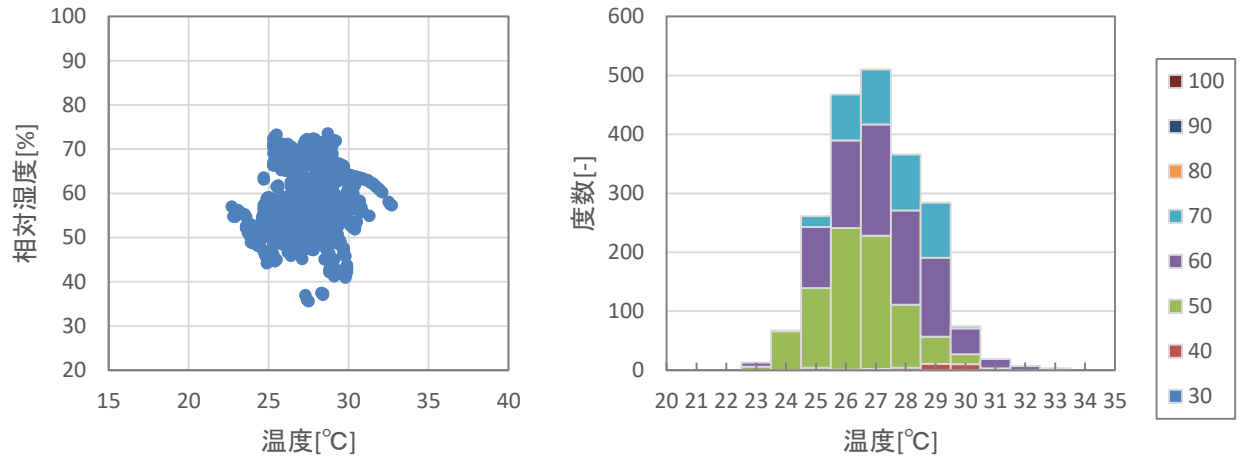
(c) 冷房開始時の室内温度

(d) 通風時の外気温度

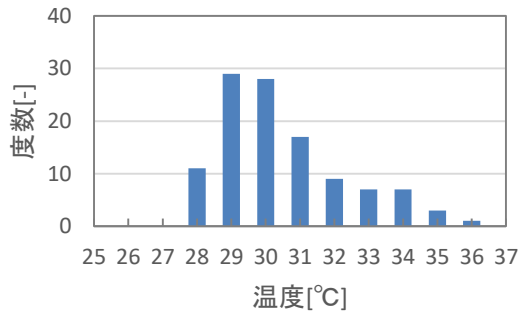
図 19 世帯 ID : 9 の寝室



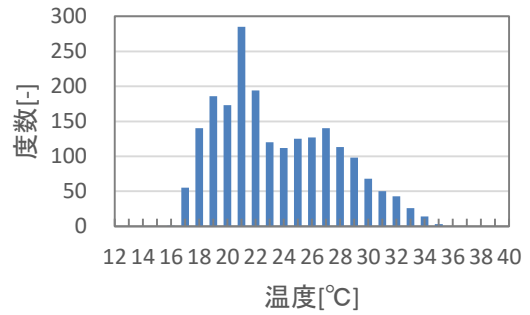
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

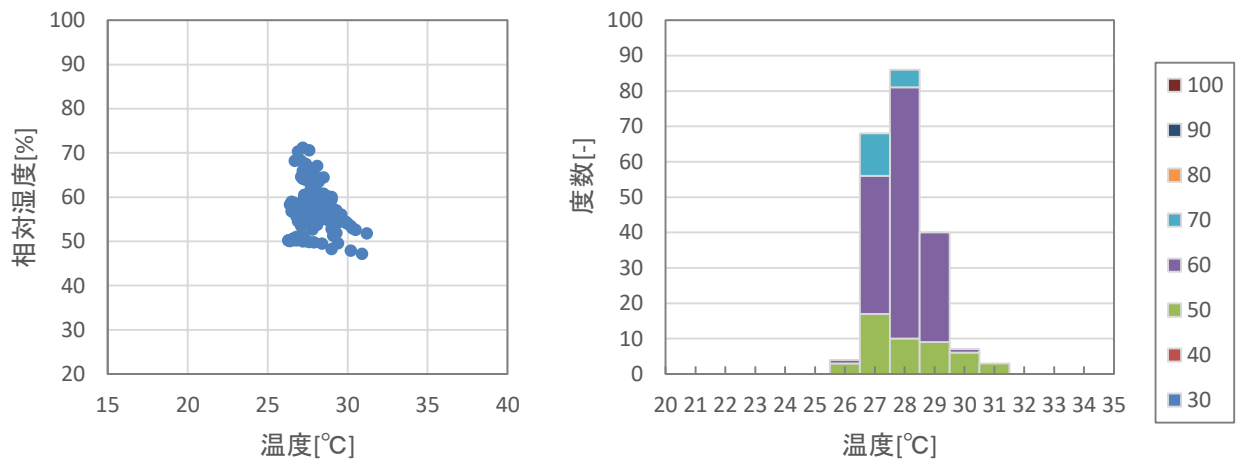


(c) 冷房開始時の室内温度

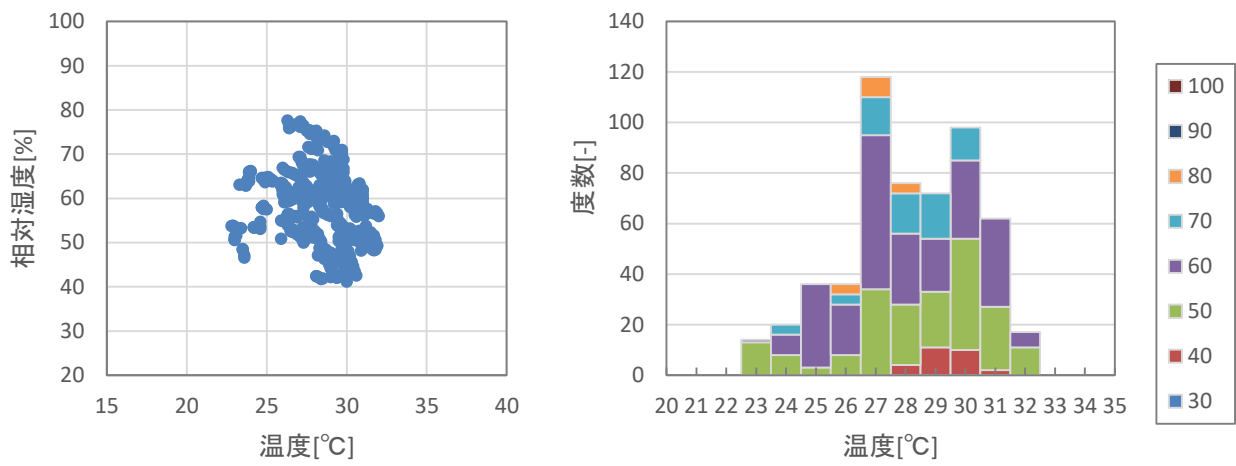


(d) 通風時の外気温度

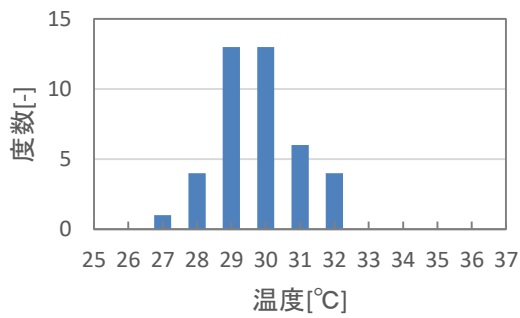
図 20 世帯 ID : 10 の居間



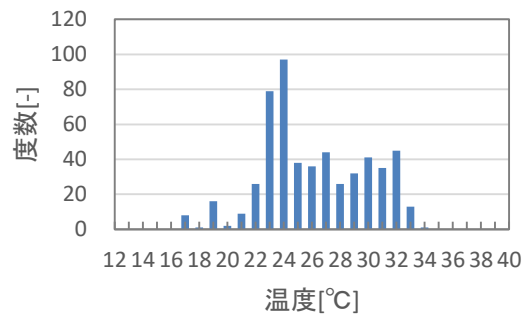
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

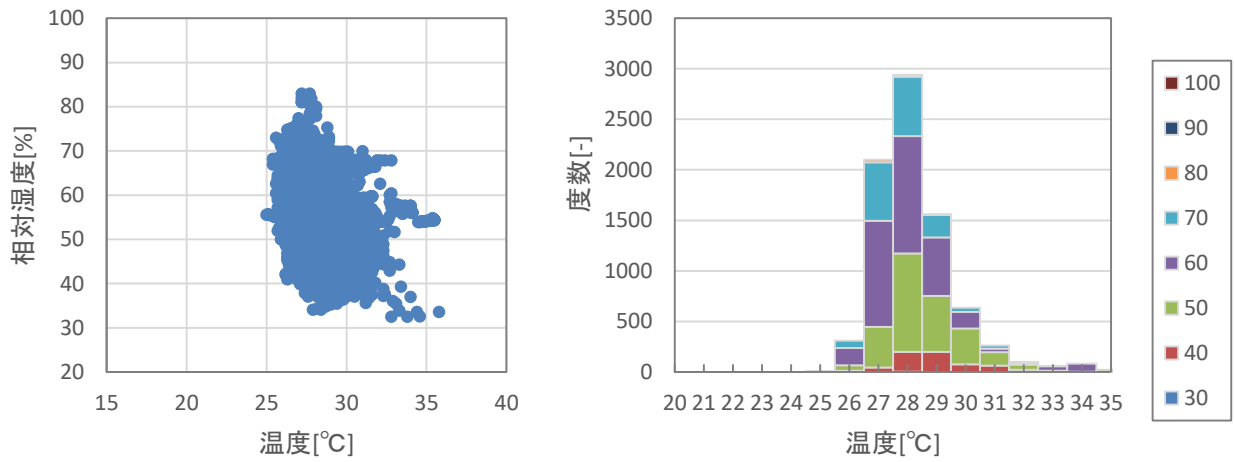


(c) 冷房開始時の室内温度

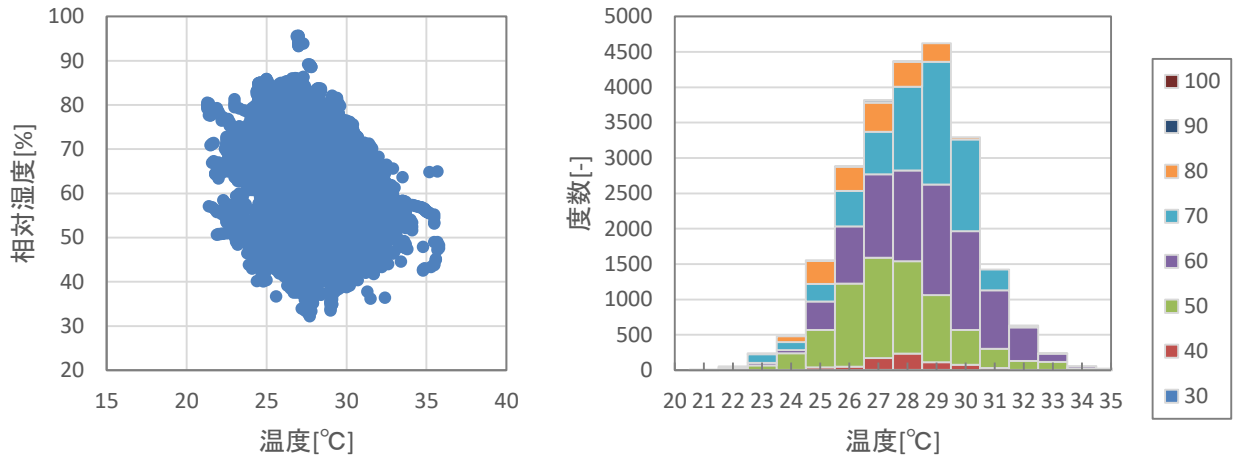


(d) 通風時の外気温度

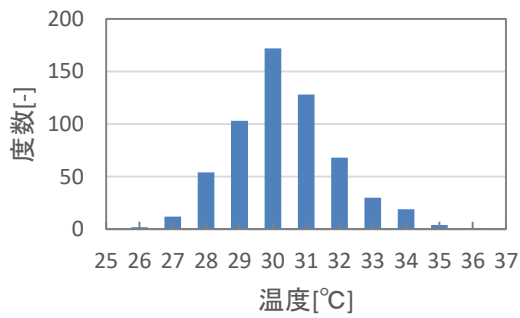
図 21 世帯 ID : 10 の寝室



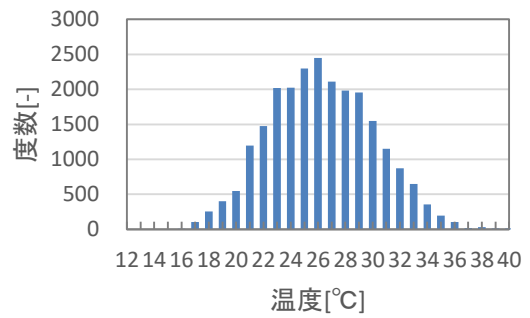
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

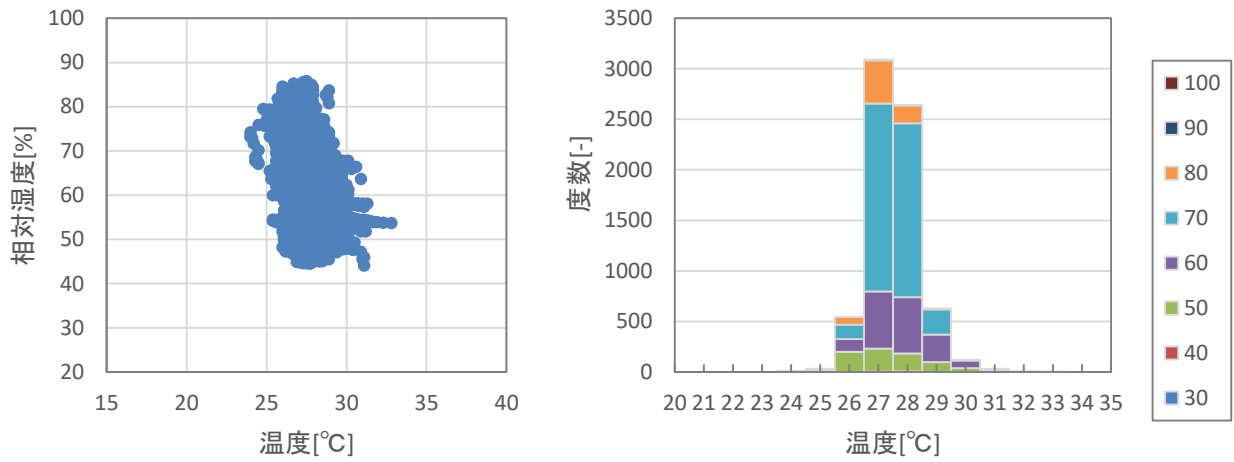


(c) 冷房開始時の室内温度

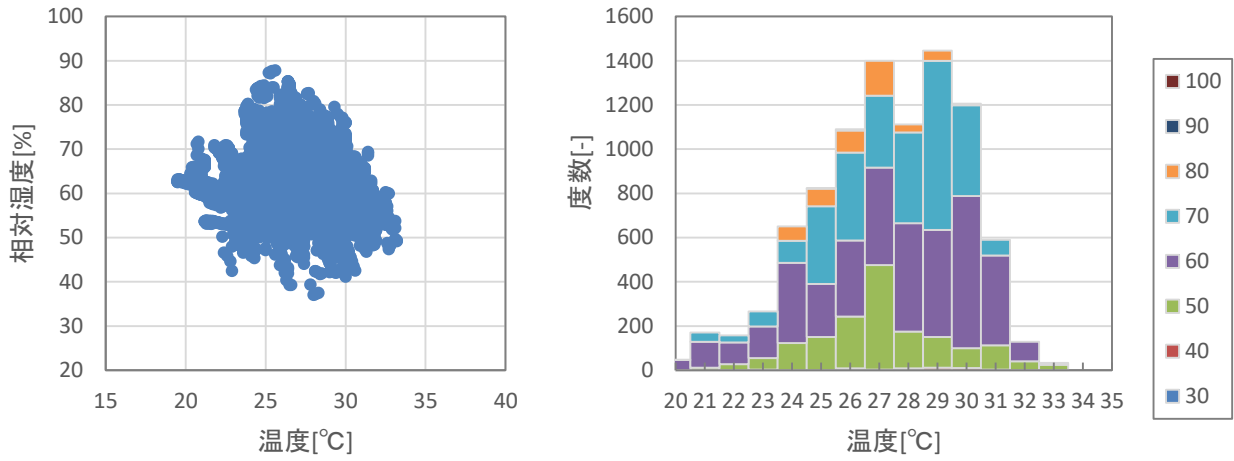


(d) 通風時の外気温度

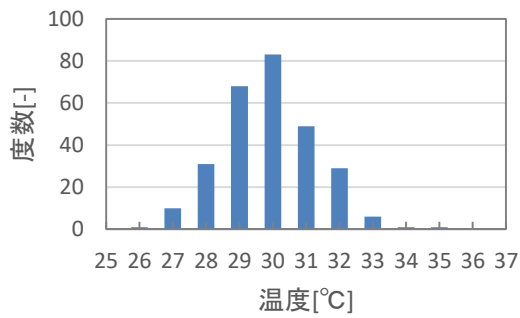
図 22 全世帯の居間



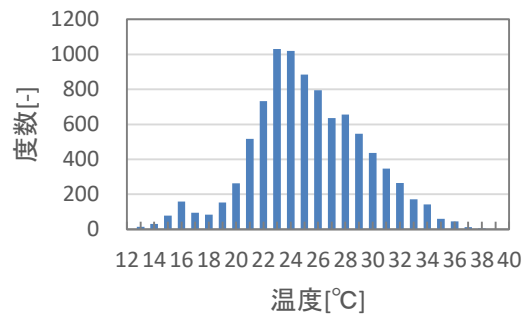
(a) 冷房時の室内温度と相対湿度



(b) 通風時の室内温度と相対湿度

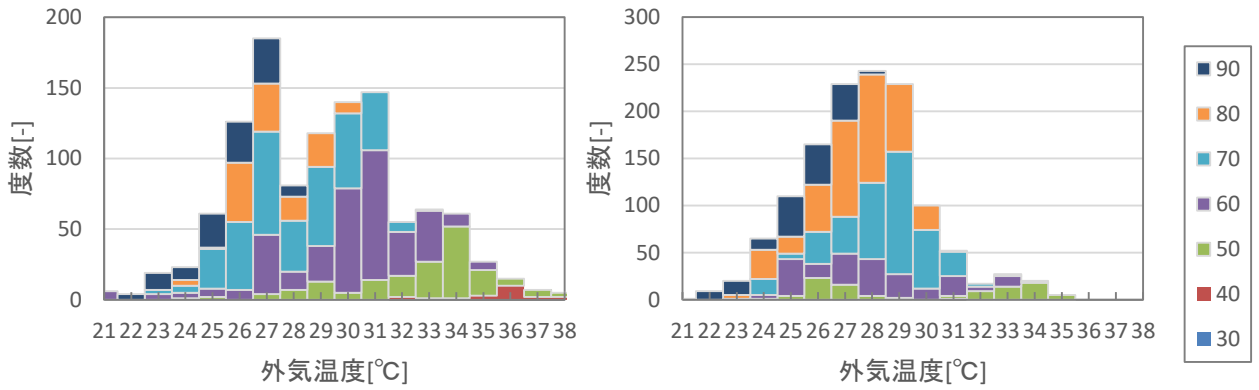


(c) 冷房開始時の室内温度

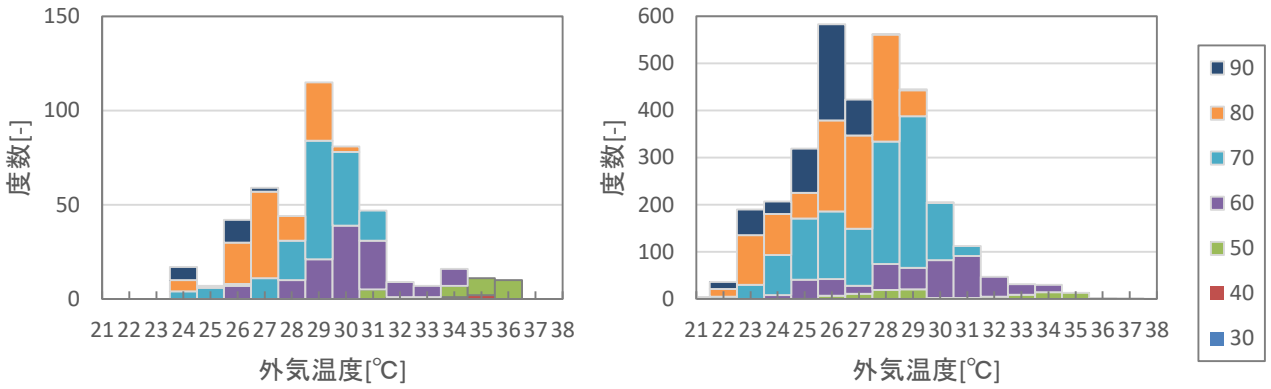


(d) 通風時の外気温度

図 23 全世帯の寝室



(a) 室内の相対湿度が60%以下の場合 (b) 室内の相対湿度が60%を超える場合
 図 24 冷房時の室内温度が $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であった時の外気の温度および相対湿度 (全世帯 居間)



(a) 室内の相対湿度が60%以下の場合 (b) 室内の相対湿度が60%を超える場合
 図 25 冷房時の室内温度が $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であった時の外気の温度および相対湿度 (全世帯 寝室)