

## 北海道と東北の木造賃貸集合住宅を対象とした 暖房負荷の可視化の簡易的手法に関する研究

### Study on Simple Method of Heating Load Visualization for Wooden Apartment Rental Houses in Hokkaido and Tohoku

非会員 ○吉田 みどり(北海道大学) 正会員 菊田 弘輝(北海道大学)

正会員 平川 秀樹(アーキインネクスト) 学生会員 山本 潤樹(北海道大学)

Midori YOSHIDA\*<sup>1</sup> Koki KIKUTA\*<sup>1</sup> Hideki HIRAKAWA\*<sup>2</sup> Junki YAMAMOTO\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Hokkaido University \*<sup>2</sup> ArchiInnext

In this research, we focus on wooden rental apartment houses in Hokkaido and Tohoku. And we calculate the heating load of Sapporo City and Sendai City by creating a standard model and setting simulation conditions. Also, as the standard of the heating load obtained from the simulation, it is made to correspond to the whole area of Hokkaido and Tohoku using weather data of each place in Hokkaido and Tohoku. Using this calculation result, we construct a database for the development of Web application which can visualize the difference of heating load according to thermal insulation performance at a glance.

#### 1 はじめに

2018年9月6日に「北海道胆振東部地震」が発生し、その影響により北海道全域で停電が発生した。また、2011年3月11日には「東日本大震災」が発生し、広域に渡って停電が続いた。数年に1度発生する大きな震災の被害の様子から、北海道・東北といった積雪寒冷地での、災害時における電気や燃料が無い中での住居の防寒の必要性和断熱性能の重要性が再確認されている。一方で、戸建住宅ほどの断熱性能を持つ賃貸集合住宅は市場に少ないのが現状である。賃貸集合住宅全体の断熱性能を底上げしていくためには、居住者が自ら断熱性能の高い住戸を選択することが重要となる。そのために、断熱性能の違いによる暖房負荷の違いを理解できるような仕組みが必要である。既往研究<sup>1)</sup>では、北海道の木造賃貸集合住宅の暖房負荷の可視化を試みている。しかし、地域が北海道に限られていること、また住戸の向きが考慮されていないことなど、実際に使用するには不完全な点が残る。本研究では、それらを改善し、さらに実用性の高いWebアプリケーションの開発に向けてデータベースを構築することを目的とする。

#### 2 シミュレーション

##### 2.1 シミュレーションモデル概要

北海道と東北における標準的な木造賃貸集合住宅を想定し、シミュレーションモデルを作成した(表-1, 図-1)。対象都市は札幌と仙台であり、基準住戸の床面積は49.7㎡、天井高は2.4m、軒高は6.25mである。住戸の向きは、札幌、仙台それぞれ、南向きと西向きの2通りとした。南向き住戸では南面と北面のみに、西向き住戸では西面と東面

表-1 モデル概要

対象都市	札幌、仙台
工造	木造
階数	二階
住戸数	6戸
基準住戸床面積	49.7㎡
全住戸床面積	298.1㎡
軒高	6.25m
住戸向き	南向き、西向き

二階	二階	二階
角住戸	内住戸	角住戸
一階	一階	一階
角住戸	内住戸	角住戸

図-2 住戸配置図

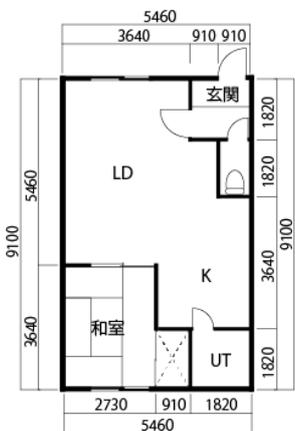


図-1 基準住戸平面図

表-2 北海道各等級断熱仕様

北海道 等級2				北海道 等級4				東北 HEAT20			
部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値	部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値	部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値
外壁	GW10k (λ: 0.050) 100mm充填	0.535	0.81	外壁	GW16k (λ: 0.045) 100mm充填 + XPS3種 (λ: 0.028) 25mm付加	0.336	0.35	外壁	高性能GW16k (λ: 0.038) 105mm充填 + 高性能GW16k 100mm付加	0.194	
天井	GW10k (λ: 0.050) 200mm	0.239	0.34	天井	吹込グラスウール (λ: 0.052) 300mm	0.168	0.17	天井	吹込グラスウール (λ: 0.052) 400mm	0.127	
その他床	GW10k (λ: 0.050) 100mm大引き間充填	0.466	0.49	その他床	GW16k (λ: 0.045) 100mm大引き間充填 + GW16k 50mm根太間充填	0.331	0.34	その他床	高性能GW16k 100mm大引き間充填 + 高性能GW16k 100mm根太間充填	0.25	
窓	アルミ枠 単板 + 樹脂枠 単板等	3.49	3.49	窓	アルミ断熱枠 Low-Eペア ガスなし	2.33	2.33	窓	樹脂サッシLow-Eトリプル ガス入	1.6	

表-3 東北各等級断熱仕様

東北 等級2				東北 等級4				東北 HEAT20			
部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値	部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値	部位	仕様(λ: 熱伝導率[W/mK])	U値[W/m <sup>2</sup> K]	U基準値
外壁	GW10k (λ: 0.050) 50mm充填	0.947	1.03	外壁	GW10k (λ: 0.050) 100mm充填	0.535	0.53	外壁	高性能GW16k (λ: 0.038) 105mm充填 + XPS3種 (λ: 0.028) 25mm付加	0.309	
天井	GW10k (λ: 0.050) 100mm	0.459	0.69	天井	GW10k (λ: 0.050) 200mm	0.239	0.24	天井	吹込グラスウール (λ: 0.052) 300mm	0.168	
その他床	GW10k (λ: 0.050) 50mm大引き間充填	0.863	1.01	その他床	GW10k (λ: 0.050) 100mm大引き間充填	0.466	0.48	その他床	高性能GW16k 100mm大引き間充填 + 高性能GW16k 50mm根太間充填	0.288	
窓	アルミ枠 単板	6.51	6.51	窓	アルミ枠 単板 + 樹脂枠 単板等	3.49	3.49	窓	樹脂サッシLow-Eトリプル ガス入	1.6	

のみに窓を有する。基準住戸を3つ並べたものを階の基準構成とし、二階建て6住戸とした(図-2)。また、今回のシミュレーションでは実際の暖房期間を考慮し、冬期を10月始めから4月末までの7ヶ月とした<sup>注1)</sup>。なお、住戸面積が小さいため全室暖房とし、期間中は住人の在室時に室温22℃、湿度40%になるように暖房を行う設定とした。

2.2 断熱仕様の検討

シミュレーションモデルに省エネ基準の変遷と将来展望を踏まえ、北海道と東北それぞれ3つの断熱仕様を設定する(表-2,表-3)。なお、本来は玄関の断熱性能は居室に比べると下がり、また浴室は

居室に比べると上がるが、今回は延床面積が小さいこと、また、計算簡略化のためその他床として統一した。

2.3 シミュレーション手法

計算にはNewHASPを使用した。NewHASPは、室に関わる熱収支を解くことによって、除去熱量(間欠空調負荷)や室温・室温湿度の1時間毎の値を計算する。このシミュレーションソフトを用いて、条件の違いによる各住戸別の室温や暖房負荷を求める。

2.4 入力条件

入力条件は、既往研究<sup>1)</sup>と同様とし、居住者、断

表-4 CASE一覧

	居住者	断熱仕様	居住条件
CASE1	夫婦世帯	等級4	全室
CASE2			一階内住戸のみ
CASE3			一階角住戸のみ
CASE4			二階内住戸のみ
CASE5			二階角住戸のみ
CASE6		等級2	全室
CASE7			一階内住戸のみ
CASE8			一階角住戸のみ
CASE9			二階内住戸のみ
CASE10			二階角住戸のみ
CASE11		HEAT20	全室
CASE12			一階内住戸のみ
CASE13			一階角住戸のみ
CASE14			二階内住戸のみ
CASE15			二階角住戸のみ
CASE16	単身世帯	等級4	全室
CASE17			一階内住戸のみ
CASE18			一階角住戸のみ
CASE19			二階内住戸のみ
CASE20			二階角住戸のみ
CASE21		等級2	全室
CASE22			一階内住戸のみ
CASE23			一階角住戸のみ
CASE24			二階内住戸のみ
CASE25			二階角住戸のみ
CASE26		HEAT20	全室
CASE27			一階内住戸のみ
CASE28			一階角住戸のみ
CASE29			二階内住戸のみ
CASE30			二階角住戸のみ
CASE31	単身高齢世帯	等級4	全室
CASE32			一階内住戸のみ
CASE33			一階角住戸のみ
CASE34			二階内住戸のみ
CASE35			二階角住戸のみ
CASE36		等級2	全室
CASE37			一階内住戸のみ
CASE38			一階角住戸のみ
CASE39			二階内住戸のみ
CASE40			二階角住戸のみ
CASE41		HEAT20	全室
CASE42			一階内住戸のみ
CASE43			一階角住戸のみ
CASE44			二階内住戸のみ
CASE45			二階角住戸のみ

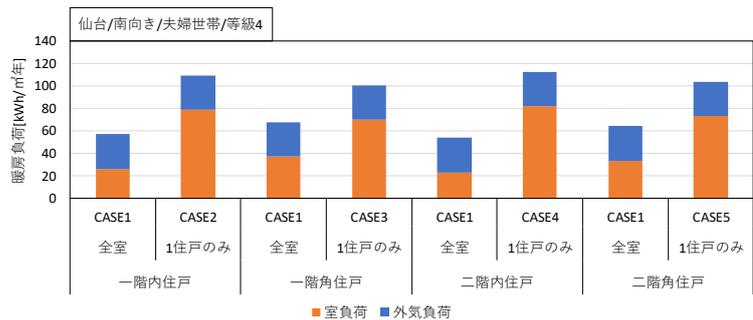


図-3 居住条件別暖房負荷

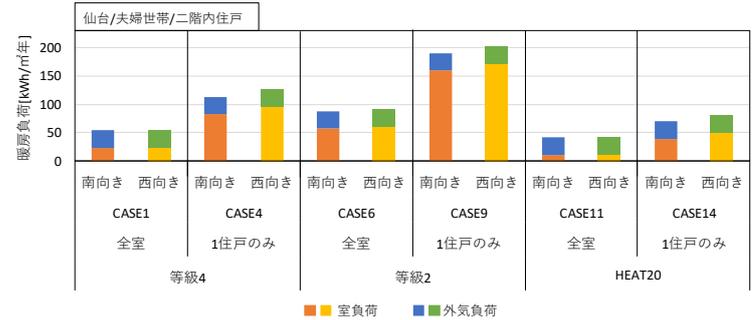


図-4 住戸向き別暖房負荷

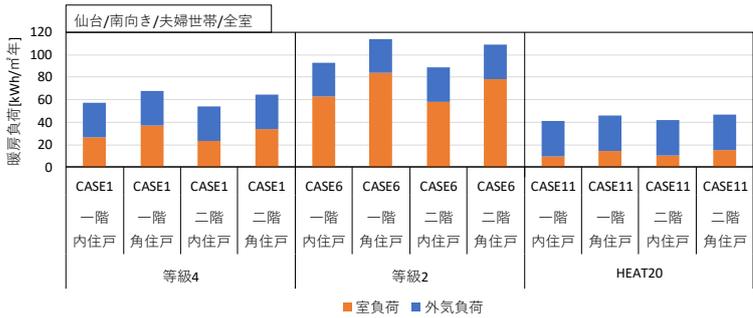


図-5 住戸位置別暖房負荷

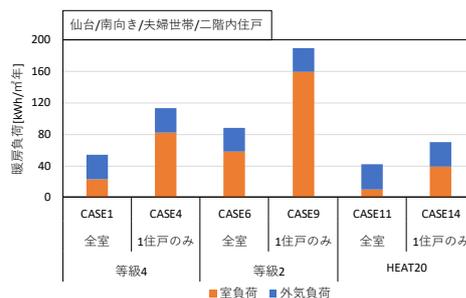


図-6 断熱仕様別暖房負荷

CASE4 : 等級4		CASE9 : 等級2	
0.38	0.38	0.58	0.58
0.64	0.64	0.78	0.78
CASE14 : HEAT20		仙台/南向き/夫婦世帯 二階内住戸のみ居住 1月平均外気温 : 2.8℃	
0.23	0.23		
0.46	0.46		

図-7 隣室温度差係数

熱仕様、居住条件の3つのパラメーターをもとに全45ケースを設定した(表-4)。居住者に関しては、賃貸集合住宅であり、かつ基準住戸床面積が約50㎡であることを想定したうえで、勤め人(男)と家庭婦人の夫婦世帯、若い独身男性の単身世帯、高齢女性一人の単身高齢者世帯の3種類の居住者を設定した。また、居住条件に関しては、対象住戸において最も暖房負荷が小さくなると思われる全住戸に住人がいる場合(全室)と、最も暖房負荷が大きくなると思われる周囲住戸に住人がいない場合(例：一階内住戸のみ)の計5パターンに分けている。なお、住人がいる住戸は常時換気回数0.5回/hとし、第3種換気とする。一方で、住人がいない住戸は換気を行わないが、断熱仕様に応じた隙間風を考慮した計算を行っている<sup>注2)</sup>。

### 3 シミュレーション結果

今回は仙台市の結果を取り上げて検討する。

#### 3.1 居住条件と住戸位置による比較

夫婦世帯において、居住条件による暖房負荷の違いに着目する(図-3)。全住戸に住人がいるCASE1に対する周囲が空室のCASE2~5の暖房負荷は、南向き住戸の場合1.5~2.1倍の差があり、二階内住戸のみ居住の場合が最も暖房負荷が大きい。また、角住戸は全室住人がいる場合は内住戸に比べ暖房負荷が大きい。一方、1住戸のみ居住の場合は内住戸より暖房負荷が小さい。これは、内住戸のほうが隣接する住戸数が多く、周囲の空き住戸により多くの熱が逃げていくためである。

#### 3.2 住戸向きと住戸位置、断熱仕様による比較

夫婦世帯において、住戸向きと住戸位置、断熱仕様による暖房負荷の比較を行う(図-4)。全室に

居住者がいる場合、西向き住戸は南向き住戸に比べ、約2%の増加したのに対し、1住戸のみの場合は、約11%増加した。これは、南向き住戸の方がより日射熱を受けるためである。また、全室と1住戸のみで比較すると、1住戸のみの暖房負荷は全室に対し1.7~2.2倍となった。このことから、住戸の向きよりも、周囲の住戸の空室状況の方が、暖房負荷に影響を与えることが分かる。

#### 3.3 断熱仕様と住戸位置による比較

夫婦世帯、全住戸に住居者がいる場合において、断熱仕様と住戸位置による比較を行う(図-5)。暖房負荷が等級4から等級2ではおよそ1.7倍、等級4からHEAT20ではおよそ0.7倍となった。また、住戸位置で比べると、同じ断熱仕様においても二階内住戸から一階角住戸では暖房負荷が等級4でおよそ25%、等級2でおよそ29%、HEAT20でおよそ10%増加している。このことから、等級が低いほど室ごとの負荷のばらつきが大きくなることが分かる。

#### 3.4 居住条件と断熱仕様による比較

夫婦世帯において、居住条件と断熱仕様による暖房負荷を比較を行う(図-6)。全住戸に住人がいる場合と周囲住戸に住人がいない場合では暖房負荷が等級4では107%、等級2では114%、HEAT20では68%と、大きく増加した。また、周囲住戸に住人がいない場合の室温の状況をみるため、2階内住戸のみ居住の場合の隣室温度差係数を求めた<sup>注3)</sup>(図-7)。なお、外気温や室温は1月のデータを利用した。対象住戸に比べて最も寒かったのは等級2の1階角部屋の0.78、逆に最も暖かくなったのは

表-5 補正係数(北海道)

地点	Dh18-18	Dh10-10	補正係数	南向き住戸 推定暖房負荷 [kWh/㎡年]	南向き住戸 計算暖房負荷 [kWh/㎡年]	西向き住戸 推定暖房負荷 [kWh/㎡年]	西向き住戸 計算暖房負荷 [kWh/㎡年]
江差	67587	63070	0.87	65.2	69.2	67.4	69.8
函館	74748	70887	0.97	72.6	73.0	75.1	75.2
札幌	77065	73655	1.00	75.2	75.2	77.8	77.8
苫小牧	82531	80194	1.08	81.2	79.8	84.0	82.7
釧路	83865	80719	1.09	82.1	79.3	84.9	82.6
帯広	88741	85986	1.16	87.1	83.3	90.1	87.5
旭川	92382	90069	1.21	91.1	90.3	94.2	93.6
北見	96187	93857	1.26	94.8	93.8	98.1	97.6
名寄	100403	98581	1.32	99.3	101.3	102.7	103.8
陸別	104715	102862	1.38	103.6	101.2	107.2	105.8

表-6 補正係数(東北)

地点	Dh18-18	Dh10-10	補正係数	南向き住戸 推定暖房負荷 [kWh/㎡年]	南向き住戸 計算暖房負荷 [kWh/㎡年]	西向き住戸 推定暖房負荷 [kWh/㎡年]	西向き 計算暖房負荷 [kWh/㎡年]
青森	69147	64977	1.30	88.5	90.6	92.1	92.4
酸ヶ湯	97439	95872	1.87	127.7	129.9	133.0	131.2
八幡平	86135	83199	1.64	111.8	113.5	116.4	115.4
田沢湖	74236	70543	1.40	95.5	97.7	99.5	99.6
盛岡	71279	66900	1.34	91.1	90.0	94.9	93.7
仙台	54754	48748	1.00	68.2	68.2	71.0	71.0
郡山	59983	55494	1.12	76.1	76.2	79.3	78.1
小名浜	48308	40437	0.86	58.4	60.3	60.8	62.6

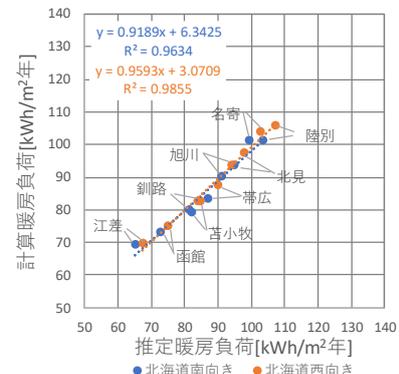


図-8 推定・計算負荷(北海道)

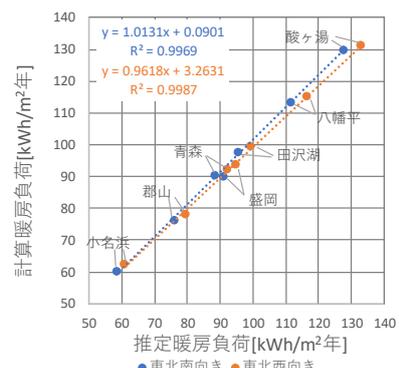


図-9 推定・計算負荷(東北)

HEAT20の2階角部屋で0.23となり、断熱仕様の違いによる差が見られた。

#### 4 札幌市と仙台市以外の地域の検討

##### 4.1 補正係数の検討

先に述べたシミュレーション結果を北海道と東北全域に対応させるため、簡易的手法として札幌と仙台を基準とした各地点の補正係数を検討する。北海道・東北それぞれ住戸の向きごとに検討する。その際、外気温や日射等の影響を考慮する必要がある中で、本研究では間欠暖房を踏まえて暖房デグリーアワー(Dh)を用いた補正係数を提案する。具体的には等級2からHEAT20までの幅があり、自然温度差に配慮してDhの基準温度を18℃と10℃に設定した。なお、各地点のDhを求めるために拡張アメダス気象データの2010年版(標準年)を使用した。

##### 4.2 補正係数の妥当性

Dhを用いた補正係数が妥当であるかを確認する。北海道は既往研究<sup>1)</sup>において、Dhに基づくクラスター分析によって9区分に分けられている。本研究では、東北も同様の方法で7区分に分けた後に、各区分から代表地点一つと、基準となる仙台を加えた計8地点を選定した。次に仙台の計算値に補正係数を乗じて各代表地点の暖房負荷を推定し、さらに仙台と同様にNewHASPで各代表地点の暖房負荷を計算し、両者をそれぞれ比較した(表-5, 表-6, 図-8, 図-9)。その結果、北海道と東北の南向き西向き住戸いずれも推定値と計算値との間で高い相関が得られ、Dhを用いた補正係数の妥当性が確認された。また、傾きが0.91~1.01の近似直線を描けることから、Dhを用いた補正係数にさらにこの近似曲線の傾きを乗じることで、北海道と東北全域の暖房負荷が簡易的に求められることになる。

##### 5 暖房負荷の可視化

これまでの計算結果を用いて、一目で断熱性能による暖房負荷の違いを可視化できるWebアプリケーションの開発を試みた。使用方法は、まず地域、居住者、居住条件、住戸向き、建設年代、空室状況、床面積、使用する暖房機器を選択する(図-10)。その選択条件をもとに、住戸位置別、月別、また居住状況別の暖房用エネルギー消費量が表示される(図-11)。このエネルギー消費量は、NewHASPで求めた負荷をもとに算出している。また、断熱仕様HEAT20のシミュレーション結果を用いて、より良い断熱性能の木造賃貸集合住宅を選んだ場合の暖房負荷が隣に示される。これにより、断熱性能の差を分かりやすく可視化し両者の比較が容易となる。

##### 6 総括

以下に得られた知見を示す。

- 1) 既往研究<sup>1)</sup>で作成されたWebアプリケーションに新たな地域、条件を加え、暖房負荷を検討し、住戸向きによる違いや、断熱性能の重要性を確認した。

- 2) Dhを用いた補正係数を用いて、北海道と東北全域の暖房負荷の簡易的に求められることを確認した。
- 3) Webアプリケーションを開発し、北海道と東北全域の暖房負荷の可視化を試みた。

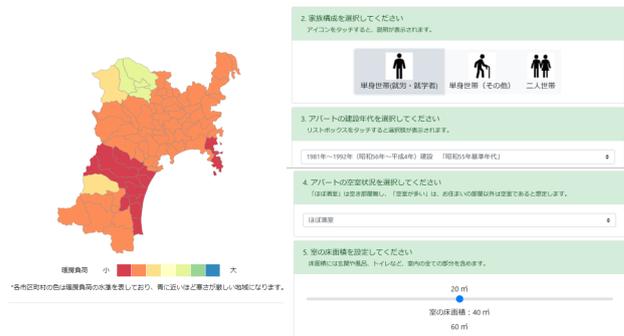


図-10 Webアプリ 入力イメージ

(左:地域選択 右:居住条件選択一部例)

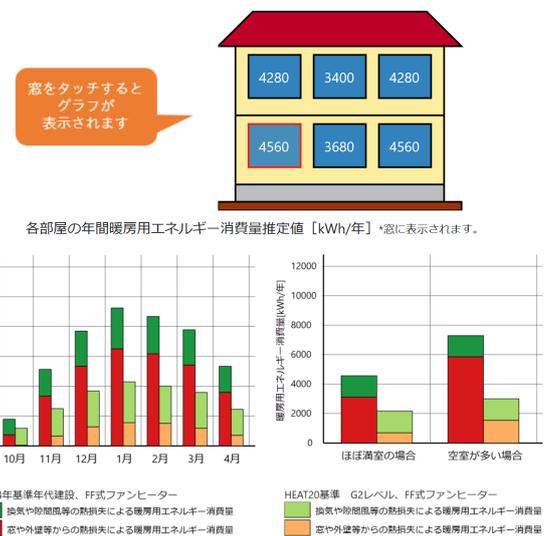


図-11 Webアプリ 出力イメージ

(上:住戸位置別 左:月別 右:居住状況別)

##### 【注】

- 1) 暖房期間については、断熱性能や地域によっては5月まで暖房する場合も考えられるが、今回は断熱仕様としてHEAT20 G2も設定し、同条件での比較を行うため、10月~4月という暖房期間を採用した。
- 2) 住人がいない住戸の換気回数は、断熱仕様に応じた隙間を想定し、等級2は0.2、等級4は0.07、HEAT20は0.035回/hとした。
- 3) 熱負荷計算対象室に非空調室が隣接する場合に、その隣接する室の温度が外気温と熱負荷計算対象室の室温との間でどれくらい外気温に近いかを表す係数である。 $(\text{隣室温度} - \text{対象室の室温}) / (\text{外気温} - \text{対象室の室温})$ により計算され、1は外気温を表し、0は熱負荷計算対象室の室温と同じであることを表す。

##### 【参考文献】

- 1) 深野静夏 他：北海道の木造賃貸集合住宅を対象とした市民の住宅性能の意識向上に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学II, pp. 125-128, 2019.9