

# 医療費を考慮した経済的な住宅断熱性能

## Examination of Economical Thermal Insulation Performance of Houses in Consideration of Medical Costs

近畿大学生物理工学部人間環境デザイン工学科

Department of Human Factors Engineering and Environmental Design, Kindai University

藤田浩司

Koji Fujita

キーワード：断熱性能(Thermal insulation performance)、経済性(Economy)、  
医療費(Medical cost)、断熱費(Insulation cost)、  
暖冷房費(Heating and cooling cost)

### 1. はじめに

住宅の断熱に関する基準は、1970年代のオイルショックを契機として昭和55年に制定されて以降、地球温暖化問題の顕在化などをを受けて平成4年と平成11年に強化され、平成25年には平成11年基準の断熱水準を維持したまま評価方法が変更されている。また、近年では、HEAT20<sup>1)</sup>やZEH<sup>2)3)</sup>に対応した断熱基準なども示されており、住宅の断熱性能強化のための様々な方策がとられている。これらは、住宅における消費エネルギーの削減を主目的とし、それに付随する形で温熱環境の改善なども目的とされている。しかし、平成25年の断熱基準を満たす住宅の割合は、新築住宅では60%程度、既存住宅では10%程度に留まっているのが現状である<sup>4)</sup>。

断熱性能が高い住宅の普及を妨げている原因のひとつとして、断熱性能の向上には高額な費用が必要となり、その費用を暖冷房費の削減のみによって回収するには長期間を要することが挙げられる。政府は、断熱等級を3から4に上げるために必要な費用を暖冷房費削減で回収できる期間は17～35年と試算している<sup>4)</sup>。また、長谷川らは断熱に要する費用と暖冷房費を考慮して最も経済的な断熱性能を検討しているが、部分間欠暖冷房で30年以内の評価期間の場合の経済的な断熱性能は現状の断熱基準よりも低い断熱性能となり、評価期間を30年より長くした場合に現状の断熱基準よりも高い断熱性能となることを示している<sup>5)</sup>。

このような状況に対し、断熱性能の向上によって様々な疾病が生じにくくなり、暖冷房費だけではなく医療費の削減にもつながると考えられる研究がいくつか報告されている。伊香賀らは、住宅の高断熱・高気密化により寒さに起因する疾病等を予防できるとして、高断熱・高気密住宅への転居者を対象としたアンケート調査の結果を基として高断熱・高気密化によって軽減される医療費を算出している<sup>6)</sup>。岩前は、上記のアンケート調査と追加した調査を基に、転居後の住宅の断熱グレードを3つに分けて各症状の改善率を整理し、断熱グレードの高い住宅の方が様々な症状の改善率が高くなることを示している<sup>7)</sup>。川久保らは、CASBEE健康チェックリストのスコアに応じて住宅の環境性能を3つに分けて各種疾病の有病割合<sup>注1)</sup>を整理し、環境性能の高いグループの方が各種疾病の有病割合が低くなることを示している<sup>8)</sup>。しかし、伊香賀らの研究では平成11年基準以上の断熱水準の住宅をまとめて高断熱・高気密住宅として評価しており、断熱性能に応じた医療費の違いは評価されていない。また、岩前や川久保らの研究では断熱グレードや環境性能を3つに分けて評価しているものの、医療費については評価されていない。

住宅の断熱性能に応じた医療費の違いを定量的に評価できれば、断熱に要する費用(以降、断熱費)と暖冷房費に医療費も加えて最も経済的な断熱性能の検討ができる。そこで、本研究では、断熱性能に応じた医療費を推定し、断熱費と暖冷房費、医療費を考慮した最も経済的な断熱性能を明らかにすることを目的とする。なお、各種疾病の医療費には断熱性能が直接影響しているのではなく、断熱性

能と暖冷房方法に応じて形成される住宅内温度が影響していると考えて、まず住宅内温度から医療費を推定する方法を提案し、その方法を用いて断熱性能と暖冷房方法に応じた医療費を推定する<sup>注2)</sup>。

## 2. 住宅内温度と医療費との関係の推定

### 2.1 推定法の概要

岩前の調査結果<sup>7)</sup>を基に、住宅内温度と居住者の医療費との関係を推定する。まず、各種疾病は住宅内温度の影響を受けていると想定し、岩前の調査におけるそれぞれの断熱グレードに対応する住宅内温度を推定する。続いて、岩前の調査における各種疾病の転居前の有感率<sup>注1)</sup>と転居後の改善率から転居後の有訴割合<sup>注1)</sup>を転居後の各断熱グレード別に推定する。なお、有訴割合は年齢によって異なると考えられるため、厚生労働省の患者調査のデータ<sup>9)</sup>を用いて10歳毎の年代別に整理する。さらに、厚生労働省の医療費に関するデータ<sup>10), 11)</sup>を用いて各種疾病の有訴割合を医療費に換算し、各種疾病の医療費を断熱グレードおよび年代毎に合計した値と各断熱グレードに対応する住宅内温度との関係を年代別に整理して、住宅内温度から各種疾病の合計医療費を推定する式を提案する。なお、岩前の調査<sup>7)</sup>で示されている転居後の各種疾病の改善率は、転居による住宅内温度の変化の他、周辺環境や食生活、運動量の変化、また医療機関に通ったことによる治療の効果など、様々な影響を含んだ改善率の平均値と考えられる。そのため、本研究でもこれら様々な影響を含んだ有訴割合や医療費の平均的な値の推定を考える。また、本研究では伊香賀らの研究<sup>6)</sup>と同様に、心疾患、脳血管疾患、高血圧、糖尿病、気管支喘息、アトピー性皮膚炎、肺炎、関節炎、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎の10の疾病を対象とする。

### 2.2 断熱グレードに対応する住宅内温度の推定

岩前の調査<sup>7)</sup>では、アンケート調査で確認した寝室の窓の仕様と住宅ビルダーが算出した熱損失係数を基に転居後の住宅の断熱グレードを分けており、断熱グレード3は平成4年の省エネ基準、断熱グレード4は平成11年の省エネ基準、断熱グレード5は平成11年の省エネ基準を超える仕様に対応する断熱水準としている。これらの断熱グレードに対応する住宅内温度は実際の調査対象では様々であったと考えられるが、それぞれの断熱グレードに対応する平均的な住宅内温度を推定することを意図して、動的室温・熱負荷計算ソフト<sup>注3)</sup>を用いて以下に示す条件で住宅内温度を計算した。

計算対象とする住宅モデルは自立循環型住宅への設計ガイドライン<sup>12)</sup>の一般モデル、外気条件は東京として、断熱グレード3、4、5それぞれの断熱仕様を上記の断熱水準に対応させてそれぞれ熱損失係数(W/m<sup>2</sup>K)が4.2、2.7、1.9になる仕様とした。それぞれの断熱グレードの天井、外壁、床、開口部各部の断熱性能(U値)を表1に示す。ここでは、後述する各部の断熱仕様の選定方法と同様に、それぞれの断熱グレードで断熱費用が最も安くなる仕様とした。住宅事業建築主の判断の基準<sup>13)</sup>と同様に夫婦と子供2人の4人家族を想定し、家族それぞれの滞在室は同基準<sup>13)</sup>の表3.1.6(在室者スケジュール)と、図1.3.3(居住家族の生活時間(平日))、図1.3.4(居住家族の生活時間(休日))を参考に、表2のように1時間単位で想定した。暖冷房は部分間欠空調とし、同基準<sup>13)</sup>の表3.1.13(部分間欠運転スケジュール)と同じスケジュール(Table2のグレーの時間帯)で、暖房は気温20℃、冷房は気温28℃・相対湿度70%以下となるように設定した。日平均外気温が15℃以下となる期間(11/8～4/21)を暖房期間とし、それ以外の期間を冷房期間とした。その他、内部発熱は同基準<sup>13)</sup>の表3.1.7(発熱機器スケジュール)と表3.1.8(照明設備スケジュール)、全般換気と局所換気はそれぞれ同基準<sup>13)</sup>の図3.1.2(全般換気のモデル)と表3.1.9(局所換気設備スケジュール)と同じ設定とし、換気は非熱交換換気とした。

心疾患・脳血管疾患に影響する住宅内温度としては「2/1～2/7の住宅内日最低作用温度の平均」を想定した。これは、上述のように本計算では滞在室を1時間単位で想定しており、数分間のトイレや脱衣所、浴室、廊下などへの移動は表現していないが、実際には部分暖房時に比較的低温となるこれらの空間への移動はあり、その空間と暖房室との温度差に起因する心疾患・脳血管疾患の発症が考えられるためである<sup>14)</sup>。心疾患・脳血管疾患以外の疾患に影響する温度としては、冬期の慢性的な低温

が主な原因と考えて<sup>15), 16)</sup>、「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」を想定した。

上記の条件で計算した各温度の結果を表3に示す。それぞれの断熱グレードにおいて、世帯主と配偶者、第一子、第二子の滞在室作用温度の平均の差は大きくないため、それらの平均をその断熱グレードに対応する「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」とした。

### 2.3 各疾病の年代別有訴割合の推定

疾病  $x$ 、断熱グレード  $g$ 、年代 (20 歳毎)  $a$  の有訴割合  $R_{x,g,a}$  を以下の式で推定した。

$$R_{x,g,a} = R_{x,g,T} \frac{r_{x,a}}{r_{x,T}} \quad (1)$$

ただし

$$R_{x,g,T} = R_{x,g,T,before} (1 - C_{x,g}) \quad (2)$$

$$r_{x,T} = \frac{n_{x,T}}{p_T} \quad (3)$$

$$r_{x,a} = \frac{n_{x,a}}{p_a} \quad (4)$$

$R_{x,g,T}$  : 疾病  $x$  の断熱グレード  $g$  の有訴割合 (全年代)

$R_{x,g,T,before}$  : 疾病  $x$  の断熱グレード  $g$  の転居前有感率 (全年代)<sup>7)</sup>

$C_{x,g}$  : 疾病  $x$  の断熱グレード  $g$  の改善率 (全年代)<sup>7)</sup>

$p_T$  : 全人口<sup>17)</sup> (人)

$n_{x,T}$  : 疾病  $x$  の患者数 (全年代)<sup>9)</sup>

$p_a$  : 年代  $a$  の人口<sup>17)</sup> (人)

$n_{x,a}$  : 疾病  $x$  の患者数 (年代  $a$ )<sup>9)</sup>

ここでは、それぞれの疾病について、全年代の有訴割合  $R_{x,g,T}$  に対する各年代の有訴割合  $R_{x,g,a}$  は、断熱グレードによらず全年代の有病率  $r_{x,T}$  に対する各年代の有病率  $r_{x,a}$  に等しいと想定している。また、ここで推定した有訴割合には転居後に新たに症状を自覚した人を含んでいないため、それを含めた有訴割合よりも小さめの値になっていると考えられる。

推定に用いた各値を表4、表5、推定結果を図1に示す。一部の疾病(高血圧、糖尿病)を除き、グレード3よりグレード5の推定有訴割合の方が小さくなっている。また、心疾患や脳血管疾患、高血圧、肺炎、アレルギー性結膜炎は60歳以上で10歳毎の違いが大きく、気管支喘息やアトピー性皮膚炎、アレルギー性鼻炎は0-9歳と10-19歳の違いが大きい。

表1 各断熱グレードの各部のU値(W/m<sup>2</sup>K)

	断熱グレード		
	3	4	5
天井	0.87	0.30	0.16
床	1.09	0.50	0.38
外壁	0.93	0.53	0.35
開口部	6.51	4.65	2.91

表2 各室の在室人数・暖冷房時間と各人の滞在室

時間帯	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23																							
	平日	LDK																						
寝室		2	2	2	2	2	2	1																
子供室1		1	1	1	1	1	1	1															1	1
子供室2		1	1	1	1	1	1	1															1	1
浴室																							1	1
洗面所																								
世帯主		寝	寝	寝	寝	寝	寝	寝														L	L	L
配偶者		寝	寝	寝	寝	寝	寝	L	L	L	L											L	L	L
第一子		1	1	1	1	1	1	1														L	L	L
第二子		2	2	2	2	2	2	2														L	2	L
休日	LDK																							
	寝室	2	2	2	2	2	2	1																2
	子供室1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1
	子供室2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1
	浴室																							
	洗面所																							
	世帯主	寝	寝	寝	寝	寝	寝	寝	寝	L	L	L	L	L								L	L	L
	配偶者	寝	寝	寝	寝	寝	寝	寝	寝	L	L	L	L	L								L	L	L
	第一子	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1
	第二子	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2									L	L	L

※在室人数の空欄は在室者なし。在室人数のグレーの時間は暖房ON。滞在室の「寝」は寝室、「L」はLDK、「1」は子供室1、「2」は子供室2、「浴」は浴室、「洗」は洗面所

表3 各断熱グレードの住宅内温度の計算結果

断熱グレード	1/1~2/28の滞在室作用温度の平均					2/1~2/7の住宅内日最低作用温度の平均
	世帯主	配偶者	第一子	第二子	平均	
断熱グレード3	13.47	14.32	14.32	14.20	14.08	7.17
断熱グレード4	15.21	15.89	15.95	15.85	15.72	9.30
断熱グレード5	16.35	16.81	17.02	16.96	16.78	10.68

表4 各断熱グレードの転居前有感率と転居後改善率<sup>7)</sup>

疾病	断熱グレード (転居後)	有感率 (転居前)	改善率 (転居後)
心疾患	3	0.02	0.29
	4	0.02	0.53
	5	0.02	0.58
脳血管疾患	3	0.01	0.59
	4	0.01	0.83
	5	0.01	0.66
高血圧	3	0.06	0.24
	4	0.07	0.22
	5	0.08	0.25
糖尿病	3	0.02	0.14
	4	0.02	0.34
	5	0.03	0.33
気管支喘息	3	0.06	0.56
	4	0.06	0.62
	5	0.08	0.76
アトピー性皮膚炎	3	0.08	0.35
	4	0.08	0.47
	5	0.08	0.62
肺炎	3	0.03	0.46
	4	0.02	0.61
	5	0.04	0.66
関節炎	3	0.03	0.25
	4	0.03	0.42
	5	0.04	0.52
アレルギー性鼻炎	3	0.25	0.11
	4	0.24	0.15
	5	0.23	0.32
アレルギー性結膜炎	3	0.13	0.14
	4	0.11	0.21
	5	0.11	0.40

表5 人口<sup>17)</sup>および各疾患の年代別患者数<sup>9)</sup>と総医療費<sup>10)11)</sup>

		年代別人口・患者数									合計	総医療費 [×10 <sup>8</sup> 円/年]
		0-9歳	10-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上		
人口	[×10 <sup>3</sup> 人]	10,520	11,718	12,881	16,136	18,401	15,445	18,134	14,197	9,648	127,080	
患者数 [×10 <sup>3</sup> 人]	心疾患	1	3	3	10	45	109	365	575	624	1,735	18,203
	脳血管疾患	0	0	1	6	23	62	210	406	473	1,181	17,821
	高血圧	0	1	6	49	341	1,136	2,790	3,314	2,578	10,215	18,513
	糖尿病	1	5	17	55	189	383	949	1,040	531	3,170	12,196
	気管支喘息	364	98	43	94	131	105	137	131	96	1,199	3,403
	アトピー性皮膚炎	201	82	110	128	146	104	150	153	102	1,176	4,287
	肺炎	7	1	0	2	2	3	8	16	30	69	3,237
	関節炎	2	4	7	19	53	80	141	135	66	507	2,829
	アレルギー性鼻炎	182	105	38	53	72	72	61	66	23	672	2,382
	アレルギー性結膜炎	21	20	12	18	22	21	50	68	55	287	1,951

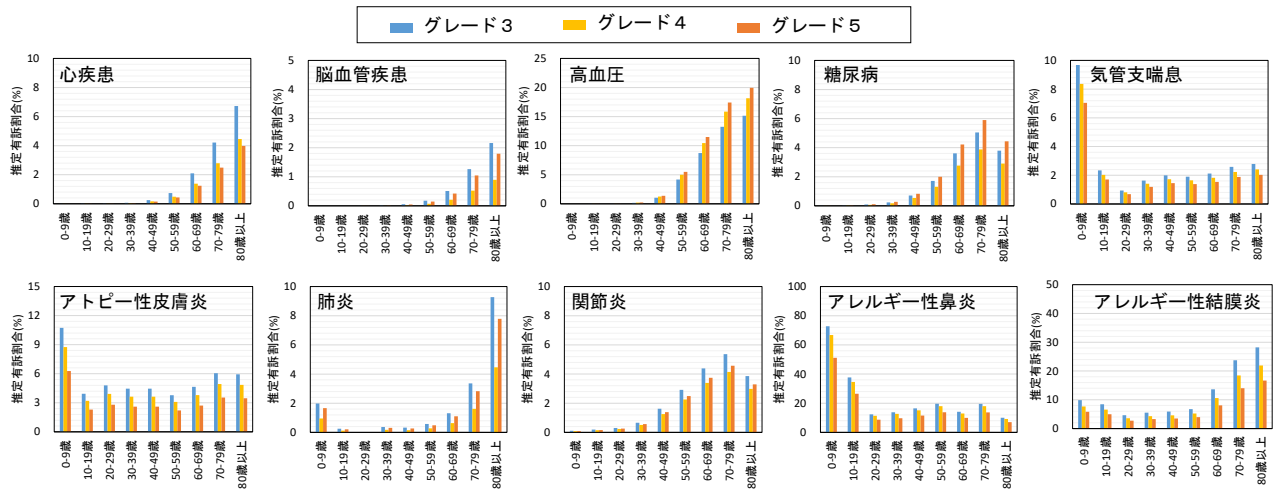


図1 年代別推定有訴割合

## 2.4 各疾病の年代別医療費の推定

疾病  $x$ 、断熱グレード  $g$ 、年代 (10 歳毎)  $\alpha$  の医療費  $M_{x,g,\alpha}$  (円/年・人) を自己負担 3 割として次式で推定した。

$$M_{x,g,\alpha} = \frac{R_{x,g,\alpha}}{100} \times \frac{m_{x,T}}{n_{x,T}} \times S \quad (5)$$

$m_{x,T}$  : 疾病  $x$  の総医療費<sup>10), 11)</sup> (円/年)

$n_{x,T}$  : 疾病  $x$  の総患者数<sup>9)</sup> (人)

$S$  : 自己負担割合 (70 歳未満 0.3、70 歳以上 0.2<sup>注4)</sup>)

各疾病の総医療費を表 5 に示す。総医療費については、厚生労働省の平成 26 年度国民医療費<sup>10)</sup>に掲載されている疾病はその値を用い、掲載されていない疾病 (アトピー性皮膚炎、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎) は厚生労働省の平成 26 年社会医療診療行為別調査<sup>11)</sup>の上巻の医科診療第 13 表に示されている点数と下巻の医科診療第 2 表に示されている点数の和に 10 を掛けた値の 12 倍より推算した。これは、社会医療診療行為別調査の上巻では診療行為に関する点数、下巻では薬剤使用に関する点数が示されており、点数 1 点は 10 円に対応し、これらの値は 6 月一カ月間の全国推計値であるためである。なお、国民医療費と社会医療診療行為別調査の両方に掲載されている疾病について、社会医療診療行為別調査のデータから上記の方法で計算した医療費と国民医療費に掲載されている医療費が概ね一致することを別途確認している。また、平成 26 年のデータを用いたのは、データによっては毎年発表されていないものもあり、本検討で使用される各データの年を揃えるためである。

医療費の推定結果を表 6 に示す。0~19 歳ではアレルギー性鼻炎、60 歳以上ではアレルギー性結膜炎と肺炎の医療費が大きくなっている。

表 6 推定医療費

疾病	断熱グレード	年代								
		0-9歳	10-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上
心疾患	3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.8	2.3	6.6	8.8	14.1
	4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	1.5	4.4	5.9	9.3
	5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.4	3.9	5.2	8.3
脳血管疾患	3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	2.3	3.8	6.5
	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	1.6	2.7
	5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.7	1.9	3.2	5.4
高血圧	3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	2.3	4.7	4.8	5.5
	4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	2.7	5.7	5.7	6.6
	5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	3.0	6.2	6.3	7.2
糖尿病	3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	2.0	4.2	3.9	2.9
	4	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	1.5	3.2	3.0	2.2
	5	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	2.3	4.9	4.5	3.4
気管支喘息	3	8.2	2.0	0.8	1.4	1.7	1.6	1.8	1.5	1.6
	4	7.1	1.7	0.7	1.2	1.5	1.4	1.6	1.3	1.4
	5	6.0	1.4	0.6	1.0	1.2	1.2	1.3	1.1	1.1
アトピー性皮膚炎	3	11.7	4.3	5.2	4.9	4.9	4.1	5.1	4.4	4.3
	4	9.6	3.5	4.3	4.0	4.0	3.4	4.1	3.6	3.5
	5	6.9	2.5	3.1	2.8	2.9	2.4	3.0	2.6	2.5
肺炎	3	0.2	3.6	0.0	5.2	4.6	8.2	18.5	31.5	87.0
	4	0.1	1.7	0.0	2.5	2.2	3.9	8.9	15.2	41.9
	5	0.2	3.0	0.0	4.4	3.8	6.8	15.6	26.5	73.1
関節炎	3	0.2	0.3	0.5	1.1	2.7	4.9	7.3	6.0	4.3
	4	0.1	0.2	0.4	0.9	2.1	3.8	5.7	4.6	3.3
	5	0.2	0.3	0.4	0.9	2.3	4.2	6.3	5.1	3.7
アレルギー性鼻炎	3	77.4	40.1	13.2	14.7	17.5	20.9	15.1	13.9	7.1
	4	71.0	36.8	12.1	13.5	16.1	19.1	13.8	12.7	6.5
	5	54.4	28.2	8.3	10.3	12.3	14.7	10.6	9.7	5.0
アレルギー性結膜炎	3	20.2	17.2	9.4	11.3	12.1	13.7	27.8	32.2	38.4
	4	15.7	13.4	7.3	8.8	9.4	10.7	21.6	25.1	29.8
	5	11.9	10.2	5.6	6.6	7.1	8.1	16.4	19.0	22.7

2.5 住宅内温度と医療費の関係の推定式

それぞれの年代および断熱グレード毎に心疾患・脳血管疾患以外の全ての医療費を足し合わせた値と表 3 に示した「1/1~2/28 の滞在室作用温度の平均」との関係と、それぞれの年代および断熱グレード毎に心疾患・脳血管疾患の医療費を足し合わせた値と表 3 に示した「2/1~2/7 の住宅内日最低作用温度の平均」との関係、およびそれらの関係を指数近似した曲線を図 2 に示す。また、指数近似により作成した医療費の推定式を式(6)に示す<sup>注5)</sup>。

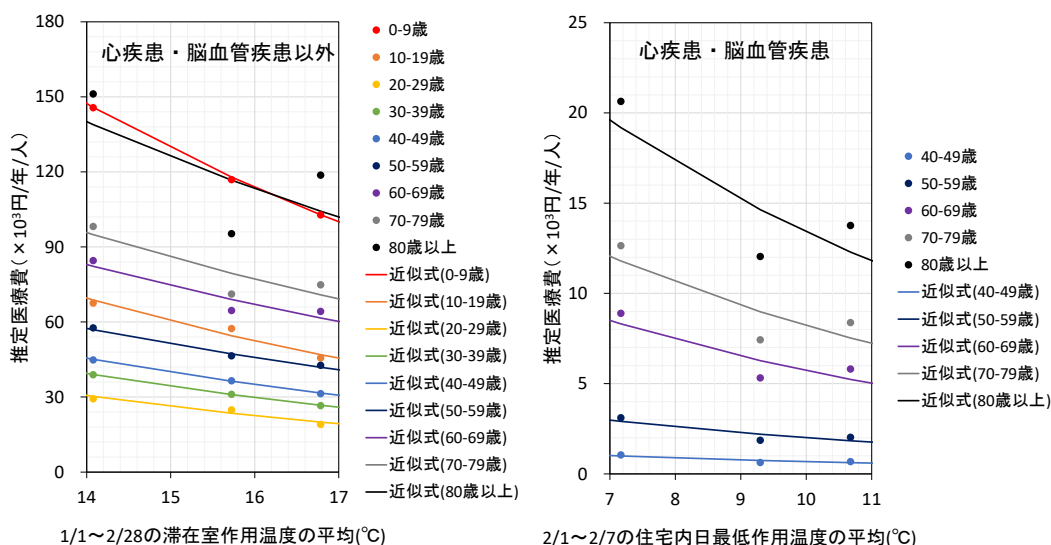


図 2 住宅内温度と推定医療費（各疾病合計）の関係

$$M = A \cdot \exp(BT) \tag{6}$$

M : 推定医療費(円/年・人)

A, B : 表 7 に示す値

T : 心疾患・脳血管疾患以外は 1/1~2/28 の滞在室作用温度の平均(°C)、  
心疾患・脳血管疾患は 2/1~2/7 の住宅内日最低作用温度の平均(°C)

表 7 式(6)の係数A, B

		0-9歳	10-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上
心疾患・脳血管疾患以外	A	896252	500459	260547	280037	284820	279153	371011	434036	617754
	B	-0.129	-0.141	-0.153	-0.14	-0.131	-0.113	-0.107	-0.108	-0.106
心疾患・脳血管疾患	A	0	0	0	0	2567	7496	21409	29525	47675
	B	-	-	-	-	-0.133	-0.132	-0.132	-0.128	-0.127

### 3. 医療費を考慮した最も経済的な断熱性能

#### 3.1 断熱費の算定方法と算定結果

断熱費と暖冷房費に医療費も加えた最も経済的な断熱性能を検討するためには、断熱費を定義する必要があります。住宅の断熱に用いる断熱材は各種メーカーから様々な種類・価格のものが販売されているが、本研究では  $U_A$  値  $0.3 \sim 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  程度を検討対象として、その断熱性能を最も安価に満たす天井、外壁、床の断熱材および開口部の仕様を調査し、その価格をその断熱性能の断熱費とした。

断熱費の具体的な算定手順を以下に示す。まず、断熱部位を天井、外壁、床、開口部に分け、それぞれの部位に7つの断熱性能 ( $U$  値) を想定し、各部位のそれぞれの断熱性能 ( $U$  値) を最も安価に満たす仕様を選定した。天井、外壁、床の各部位は積算ポケット手帳<sup>19)</sup>に掲載されている全ての断熱材を候補とし、開口部はサッシメーカー3社とガラスメーカー2社に調査した価格を候補とした。天井は500mm厚まで、床は200mm厚までの重ね張りも候補とし、外壁は充填断熱(上限120mm厚)を基本に外張り(上限30mm厚)を付加する場合も候補とした。このように選定した各部位の断熱仕様候補を表8に示す。なお、検討する費用は材料費のみとし、工事費等は含まない。

次に、2.2節と同じく自立循環型住宅への設計ガイドライン<sup>12)</sup>の一般モデルを検討対象とし、表8に示した天井、外壁、床、開口部それぞれの断熱仕様候補を全て組み合わせた2401(=7<sup>4</sup>)通りについて住宅全体の断熱性能 ( $U_A$  値) と断熱材および開口部の合計価格を算出した。 $U_A$  値と合計価格の関係を図3に示す。それぞれの  $U_A$  値で最も合計価格が小さくなる図3に白丸で示した仕様について、断熱仕様の組み合わせと合計価格を表9に示す。以降ではこの合計価格をその断熱性能に対応する断熱費とする。 $U_A$  値  $0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  あたりから断熱性能が高くなると ( $U_A$  値が小さくなると) 断熱費が急上昇している。これは、 $U_A$  値  $0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$  以下では開口部の仕様が高価な wd7 になるためである。

#### 3.2 暖冷房費と医療費の推定方法

2.2節と同じ住宅モデル(自立循環型住宅への設計ガイドライン<sup>12)</sup>の一般モデル)を対象とし、天井、外壁、床、開口部各部の断熱性能以外も2.2節と同じ条件として、動的室温・熱負荷計算ソフト<sup>注3)</sup>を用いて各室の作用温度と暖冷房の消費電力量を計算した。この計算結果から電気料金を27円/kWhとして暖冷房費を求めた。

医療費を推定するために、家族それぞれの「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」と「2/1~2/7の住宅内日最低作用温度の平均」を計算した。図4に「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」と  $U_A$  値の関係、図5

表8 各部位の断熱仕様候補

	断熱材種類	厚さ (mm)	熱伝導率 (W/mK)	U値 (W/m <sup>2</sup> K)	価格(円/m <sup>2</sup> ) ※開口部は(円/戸)	
天井	c1	GW10K	50	0.050	0.82	420
	c2	ロックウール	100	0.038	0.35	1,000
	c3	ロックウール	200	0.038	0.18	2,000
	c4	GW10K	350	0.050	0.14	2,685
	c5	GW10K	500	0.050	0.10	3,788
	c6	GWH20K	465	0.034	0.07	12,545
	c7	フェノールフォーム	500	0.019	0.04	39,548
床	f1	なし	0	0.050	2.22	0
	f2	GW10K	75	0.050	0.58	585
	f3	GW10K	100	0.050	0.47	758
	f4	GW10K	150	0.050	0.37	1,170
	f5	GW10K	200	0.050	0.32	1,515
	f6	ロックウール	200	0.038	0.27	7,400
	f7	フェノールフォーム	200	0.019	0.20	15,819
壁	w1	GW10K	50	0.050	0.78	420
	w2	GW10K	75	0.050	0.59	585
	w3	GW10K	100	0.050	0.48	758
	w4	ロックウール	100	0.038	0.41	1,000
	w5	ロックウール+ポリスチレンフォーム	100+30	0.038+0.036	0.29	2,240
	w6	GWH36K+フェノールフォーム	105+30	0.032+0.02	0.22	5,402
	w7	フェノールフォーム	120+30	0.019	0.16	12,228
開口部	wd1	金属製、単板			6.51	749,680
	wd2	金属製、複層(A4以上A10未満)			4.65	1,182,580
	wd3	金属製、複層(A10以上)			4.07	1,239,429
	wd4	金属製、Low-E複層(A10以上) or 金属・樹脂(木)複合、複層(A10以			3.49	1,462,089
	wd5	金属・樹脂(木)複合構造製、Low-E複層(A10以上)			2.33	1,495,270
	wd6	木製又は樹脂製、Low-E複層(G12以上)			1.90	1,374,200
	wd7	木製又は樹脂製、ダブルLow-E三层複層(G7以上×2)			1.60	2,337,500

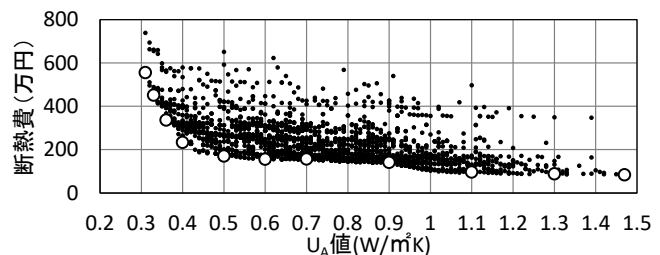


図3  $U_A$  値と合計価格(断熱費)の関係

表9 断熱仕様の組み合わせと合計価格(断熱費)

$U_A$ 値	断熱仕様の組み合わせ	断熱費 ( $\times 10^4$ 円)
0.31	c6 - f7 - w7 - wd7	557
0.33	c5 - f6 - w7 - wd7	453
0.36	c5 - f5 - w6 - wd7	338
0.40	c4 - f5 - w6 - wd6	234
0.50	c3 - f5 - w4 - wd6	171
0.60	c2 - f2 - w3 - wd6	157
0.70	c2 - f5 - w1 - wd6	157
0.90	c3 - f2 - w2 - wd2	142
1.10	c2 - f5 - w2 - wd1	97
1.30	c1 - f4 - w1 - wd1	89
1.47	c1 - f1 - w2 - wd1	85

に「2/1~2/7の住宅内日最低作用温度の平均」と $U_A$ 値の関係を示す。上記のように計算した各温度を2.5節で示した推定式(式(6))に代入して医療費を推定した。

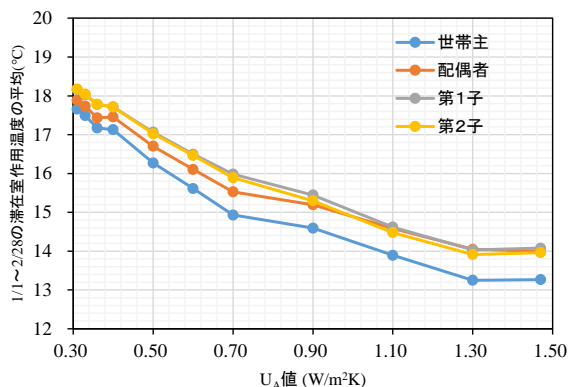


図4 「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」と $U_A$ 値の関係

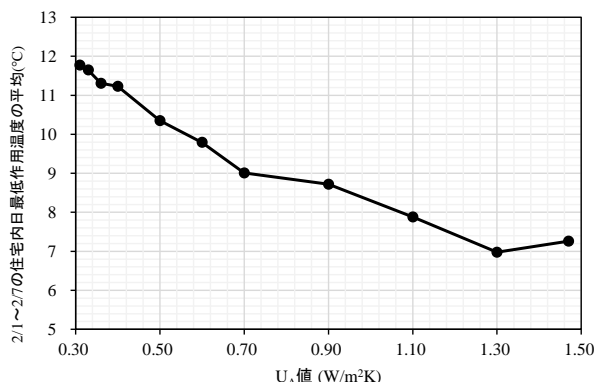


図5 「2/1~2/7の住宅内日最低作用温度の平均」と $U_A$ 値の関係

### 3.3 断熱費・暖冷房費・医療費を考慮した最も経済的な断熱性能

断熱費と、居住期間を30年として計算した暖冷費と医療費、およびそれらの合計と $U_A$ 値との関係を図6に示す。1年目に30歳の夫婦と2歳および0歳の子供が住み始めた想定し、夫婦と子供の滞在室は表2と同じと想定した。

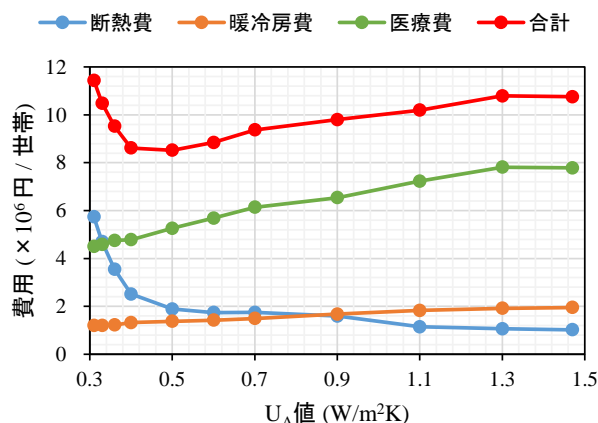


図6 断熱費・暖冷房費・医療費・合計と $U_A$ 値の関係

$U_A$ 値0.4~0.5 W/m<sup>2</sup>Kで合計が最小となり、その $U_A$ 値より大きくなると断熱費の低下よりも暖冷房費と医療費の上昇の方が大きいため合計も大きくなっていることがわかる。また、合計が最小となる $U_A$ 値は断熱費が急上昇する $U_A$ 値に大きく依存していることがわかる。

東京(6地域)の平成25年基準 $U_A$ 値は0.87 W/m<sup>2</sup>Kであり、合計が最小となる $U_A$ 値とは大きな差がある。

## 4. まとめ

本研究では、断熱性能に応じた医療費を推定し、断熱費と暖冷房費、医療費を考慮した最も経済的な断熱性能を明らかにすることを目的として検討した。

各種疾病の医療費には断熱性能が直接影響しているのではなく、断熱性能と暖冷房方法に応じて形成される住宅内温度が影響していると考えて、既往研究<sup>7)</sup>で示されている断熱性能と各種疾病の改善率の関係を基に、それぞれの断熱性能に対応する住宅内温度を推定し、心疾患・脳血管疾患以外の疾患の医療費は「1/1~2/28の滞在室作用温度の平均」から、心疾患・脳血管疾患の医療費は「2/1~2/7の住宅内日最低作用温度の平均」から推定する式を10歳毎に分けた年代別に提案した。この式は、若年者の新築のみならず、

例えば高齢者が居住する住宅の断熱改修など、任意の家族構成に対して断熱への投資効果を医療費も含めて検討する際に使用できる。

さらに、自立循環型住宅への設計ガイドライン<sup>12)</sup>の一般モデルを対象として、夫婦と子供2人の4人家族が30年居住する場合の最も経済的な断熱性能を断熱費と暖冷房費に医療費も含めて検討した所、 $U_A$ 値0.4~0.5 W/m<sup>2</sup>Kとなった。この値は東京(6地域)の平成25年基準の $U_A$ 値0.87 W/m<sup>2</sup>Kの約半分であり、長期的な視点で経済的な断熱性能とするためには基準値よりも大幅に断熱性能を高めることが求められる。また、最も経済的となる $U_A$ 値は断熱費が急上昇する $U_A$ 値に依存しており、 $U_A$ 値が小さい方が医療費や暖冷房費も小さくなることから、今後、高断熱建材の普及促進と低価格化により最も経済的となる $U_A$ 値をより下方にシフトさせることが求められる。

なお、本研究で示した各疾病の合計医療費(式(6))は各疾病の一人当たりの平均医療費と推定有訴割合より算出した期待値であることと、推定有訴割合は転居後に新たに症状を自覚した人を含まない値であるためそれを含む推定有訴割合よりも小さな値になっていること、式(6)の近似曲線は外挿していること、本研究で推定した医療費は住宅内温度以外の様々な影響も含んだ医療費の平均的な値であることに注意して、図2の近似曲線や図6の医療費の線と合計の線はある程度の幅をもって見る必要がある。

## 謝辞

本研究は近畿大学建築学部の岩前篤教授、パナソニックホームズ株式会社の佐藤寛氏、高原梨沙子氏、鈴木曜氏と共に実施しました。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 2020年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会著、HEAT20設計ガイドブック+PLUS, 株式会社建築技術, 2016.9
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課: ZEH 普及に向けて~これからの施策展開~ZEHロードマップ検討委員会における ZEH の定義・今後の施策など, 2015.12
- 3) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課: ZEH ロードマップ検討委員会 とりまとめ, 2015.12
- 4) 国土交通省: 今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について(第二次報告案)(参考資料), 2018.12
- 5) 長谷川英司, 岩前篤, 中道潤: 温暖地域における戸建て住宅の断熱手法に関する研究(その2) ライフサイクルコストによる最適解の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.101-102, 2009.7
- 6) 伊香賀俊治, 江口里佳, 村上周三, 岩前篤, 星旦二, 水石仁, 川久保俊, 奥村公美: 健康維持がもたらす間接的便益(NEB)を考慮した住宅断熱の投資評価, 日本建築学会環境系論文集, 第76巻, 第666号, pp. 735-740, 2011.8
- 7) 岩前篤: 住宅断熱性の健康改善効果に関する大規模アンケート調査, 日本建築学会環境工学本委員会熱環境運営委員会, 第43回熱シンポジウム, pp. 87-90, 2013.10
- 8) 川久保俊, 伊香賀俊治, 村上周三, 星旦二, 安藤真太郎: 住環境が居住者の健康維持増進に与える影響に関する研究 全国の戸建住宅の環境性能と居住者の健康状態に関する実態調査, 日本建築学会環境系論文集, 第79巻, 第700号, pp. 555-561, 2014.6
- 9) 厚生労働省: 平成26年患者調査, 2016.12
- 10) 厚生労働省: 平成26年国民医療費, 2016.9
- 11) 厚生労働省: 平成26年社会医療診療行為別調査, 2015.6
- 12) 自立循環型住宅への設計ガイドライン, 建築環境・省エネルギー機構, 2005.6
- 13) 住宅事業主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説, 建築環境・省エネルギー機構, 2009.3



- 14) 羽山広文, 釜澤由紀, 菊田弘輝: 人口動態統計を用いた疾病発生に関する研究 その3 脳血管疾患と心疾患について, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 第2巻, pp. 1419-1422, 2010.9
- 15) Philippa Howden-Chapman et al.: Effect of insulating existing houses on health inequality : cluster randomized study in the community, British Medical Journal, Vol. 334, No. 7591, pp. 460-464, 2007.3
- 16) Philippa Howden-Chapman et al.: Effect of Improved Home Heating on Asthma in Community Dwelling Children : Randomised Controlled Trial, British Medical Journal, Vol. 337, No. 7674, pp. 852-855, 2008.10
- 17) 総務省: 人口推計 (平成 26 年 10 月 1 日現在) , 2015.4
- 18) 厚生労働省: 第 124 回社会保障審議会医療保険部会 基礎資料, p.26, 2020.1
- 19) 積算ポケット手帳 建築編 2018 建築材料・施工全般, 建築資料研究社, 2017.12
- 20) 藤田浩司, 岩前篤, 佐藤寛, 高原梨沙子, 鈴木曜: 住宅内温度に応じた医療費推定法の提案と医療費を考慮した経済的な住宅断熱性能の検討, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 巻, 第 768 号, pp. 159-167, 2020.2
- 21) 藤田浩司, 岩前篤, 佐藤寛, 高原梨沙子, 鈴木曜: 医療費を考慮した効果的な住宅断熱改修方法に関する研究 その1 住宅内温度に応じた医療費推定法の精緻化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I , pp.2463-2464, 2020.9

## 注

- 注 1) 自己申告による各種疾病の自覚症状所有者の割合について、伊香賀<sup>6)</sup>は「有病率」、岩前<sup>7)</sup>は「有感率」、川久保<sup>8)</sup>は「有病割合」と表現している。本研究ではこれを「有訴割合」と表現する。
- 注 2) 各種疾病の医療費には住宅内温度だけではなく生活習慣など様々な要因が関係していると考えられるが、本研究では住宅内温度と各種疾病の医療費との関係に着目する。
- 注 3) 計算には動的室温・熱負荷計算ソフト「ホームズ君「省エネ診断エキスパート」+パッシブ設計オプション Ver4.14」(株インテグラル)を用いた。同ソフトにおいて、気象データは拡張アメダス気象データ(標準年 EA 気象データ 2010 年版)を用いている。
- 注 4) 現在の医療費自己負担割合は、現役並み所得者を除き、70 歳以上 75 歳未満は 2 割、75 歳以上は 1 割であるが、厚生労働省の資料<sup>18)</sup>にて 2022 年度初めまでに「後期高齢者(75 歳以上。現役並み所得者は除く)であっても一定所得以上の方については、その医療費の窓口負担割合を 2 割とし、それ以外の方については 1 割とする。」と記されている。
- 注 5) 温度が高くなったときに医療費は単調減少となり、負の値にはならないと考え、指数近似とした。
- 注 6) 本稿は既発表論文(参考文献 20) ,21) をもとに、加筆・修正を行い、再構成したものである。