T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高血圧性疾患のコホート調査に基づく高断熱化の費用対効果分析
Title(English)	Cohort Survey of Hypertensive Disease for Cost-effectiveness Analysis of HighThermalInsulation
著者(和文)	前川 拓美, 安藤 真太朗, 伊香賀 俊治, 星 旦二, 海塩 渉
Authors(English)	Shintaro Ando, Toshiharu Ikaga, Tanji Hoshi, Wataru Umishio
出典 / Citation	日本建築学会九州支部研究報告集, Vol. 57, , pp. 145-148
Citation(English)	, Vol. 57, , pp. 145-148
発行日 / Pub. date	2018, 3

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

2020-04-06T23:00:07.949海塩渉

日本建築学会九州支部研究報告
第 57 号　2018 年 3 月

高血圧性疾患のコホート調査に基づく高断熱化の費用対効果分析

正会員　○前川 拓美*1　　正会員　安藤 真太朗*2　　正会員　伊香賀 俊治*3
正会員　　星　旦二*4　　正会員　海塩　渉　*5

21.環境設計ーj. 健康
室温，中山間地域，高血圧リスク，疫学調査，医療費

1. はじめに

現在、我が国の国民医療費[文1)]は年間 42 兆 3,644 億円にまで達している。図 1 は性別にみた傷病分類別医科診療医療費割合の上位 5 位までを示したものである。男女ともに循環器系の疾患による医療費が最も高く、全体の約 20%を占めている。これは年間で 5 兆 9,818 億円かかっていることになる。高齢化が進んでいる我が国においては、更なる医療費の増加が予測される。Nakamura ら[文2)]によると、10 年間の追跡調査において高血圧でない人に比べて、高血圧の程度がひどくなるほど一月あたりの医療費が増加することを定量的に示している。また、山我ら[文3)]は、脳血管疾患による年間介護費用が 2 兆 4,708 億円となり、死亡による生産性損失は、1 兆 1,659 億円になることを報告している。このように循環器疾患による経済損失の影響は決して小さくはない。

そのような背景の中、近年、室内温熱環境が循環器疾患に及ぼす影響についての研究が行われ始めている。これまでの筆者らの既報[文4)]において 4 年間の追跡データに基づき、室温が循環器疾患の死亡に及ぼす影響について Cox 比例ハザード分析を実施し、寒冷環境が循環器疾患の死亡に悪影響を及ぼすことを明らかにした。一方でここでは、室温と同時に飲酒や喫煙を用いて検証しているが、疾患の既往歴を考慮できていない。そこで本報では、既報のデータについて再度照合を行い、分析使用サンプルを拡充し、既往歴を考慮した上での循環器疾患による死亡に着目した解析を実施した[注1)]。また、ロジスティック回帰分析を実施し、室温改善に伴う高血圧発病抑制による便益と費用対効果の検証を行った。

2. 調査概要

2.1 調査対象地　本調査は、既報同様に、高知県椋原町で実施した。町全体の高齢化率は 42%を超えており、高齢化に伴う疾病予防対策を続けている一方で、無断熱住宅が多く、住宅からの疾病予防は不十分となっている。

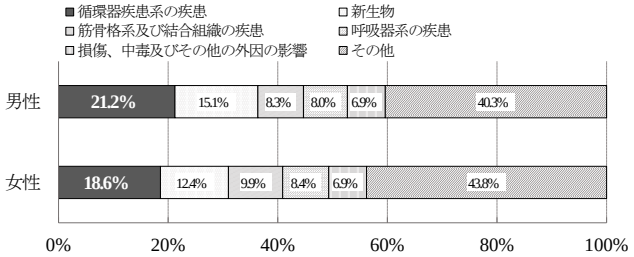

図 1. 傷病分類別医科診療医療費（H27 年）

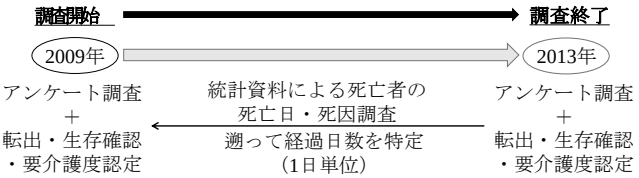

図 2. 経過日数算出方法

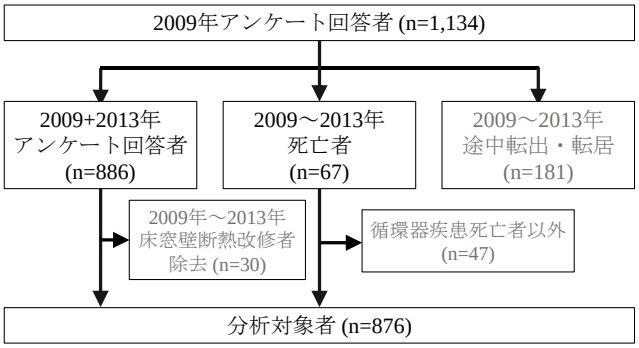

図 3. サブジェクトフロー

3. 調査概要

3.1 実施概要　調査概要については既報[文4)]と同様である。2001 年から 2003 年、2009 年、2013 年の計 4 回アンケート追跡調査を行っており、本報では、住環境を含めたアンケートを行っている 2009 年と 2013 年の回答結果を用いた。尚、対象サンプルの死亡状況に関しては椋原町保健福祉支援センターならびに町立椋原病院の協力を得て、死亡年月日及び死因について把握している。また、対象サンプルの経過日数に関しては、死亡者は 2009 年のアンケート回答日から死亡年月日までの日数、生存者は 2013 年のアンケート回収日までの日数で算出した（図 2）。

2020-04-06T23:00:07.949海塩渉

3.2 分析諸条件(図 3) 室温のデータに関しては 2013 年時点の一部の対象のみしか把握できていない。そこで、判別分析を用いて他年の室温を予測する。2009 年時点の室温を予測する際に、前提条件として 2013 年の室温が 4 年前から続いているという仮説を設ける。その前提条件上、当該の 4 年間に床窓壁の断熱改修を行った者及び転居者、更には循環器疾患以外の死亡者を除外した。従って、以降では残りの 876 サンプルを分析対象として進める。

4. 分析結果

4.1 対象者の住宅 (表 1) 住宅構造については全体で木造が 839 軒と最も多く、全体の 9 割以上を占めていた。築年数は 10 年未満から 50 年以上まで幅広く分布していた。こたつやストーブ等の局所的暖房の使用者が約 6 割であり、暖房の未利用者は 2 名のみであった。

4.2 判別分析による居間室温の予測 (表 2) 2009 年時点の室温を予測するために判別分析を実施した。筆者らの 10 年間の追跡調査研究[文5)]によって、高血圧及び脳卒中発病者は、未発病者に比べて就寝時間帯の居間室温が低くなることが示唆された。これらと既往の研究を参考に、外気温が約 5℃となる時間帯の室温に着目し、本研究では、代表室温として午前 0 時の室温を推定した。推定のための判別式は、2013 年時点で室温とアンケート回答を有するサンプルを用いて作成し、その判別式に 2009 年の同調査項目の回答を投入することで、未測定であった 2009 年時点の室温を推定している。判別式の説明変数には、住環境に関連する項目から選抜し、築年数と住宅構造、使用暖房が採用された。その判別式の正判別率は、18℃閾値とした場合は 62.7%であり、9℃閾値では 92.3%であった。

4.3 Kaplan-Meier 法に基づく累積生存率の差異 (図 4, 5) 前節の判別式に基づき、閾値以上を温暖群、閾値未満を寒冷群として、両群の 4 年経過時の累積生存率の差を検証した。その結果、いずれの case においても、寒冷群は温暖群と比較して累積生存率が低くなっており、閾値 9℃の際には両群の統計的有意差を確認した。この際、温暖群と寒冷群のグラフが交差しているが、時間依存の Cox 比例ハザード分析を実施し、時間と室温には交互作用はなく、比例ハザード性が成り立っていることを確認している。

4.4 Cox 比例ハザード分析に基づく死亡リスク検証(表 3) 既報[文4)] 同様に Cox 比例ハザード分析によって年齢を含む交絡要因の影響を踏まえた上で、室温による生存日数に対する影響を確認した。尚、本稿では「高血圧の既往歴」も調整変数として追加投入している。その結果、交絡要因を調整しても「夜間代表室温平均 (0:9℃以上 1:9℃未満)」が影響を及ぼしうる因子として示され、夜間室温 (代表 : 居間 0 時室温) が 9℃未満の室内環境で生活している人は 9℃以上の室内環境で生活している人よりも、4 年間に循環器疾患で死亡するリスクが 6.0 倍高くなることが示唆された (p=0.059)。一方で、ここでは統計的 5%有意水準を満たさなかった。今後実施予定の追加調査によって、経過日数の拡張やサンプルの拡充が果たされ、課題解決に繋がる可能性も考えられる。

表 1. 実測調査住宅の概要表

設問	選択肢	度数	相対度数 (%)
築年数[注2)]	1) 10 年未満	115	13.1
	2) 10－29 年	277	32.0
	3) 30－49 年	239	27.0
	4) 50 年以上	234	27.0
	無回答	11	1.3
構造	1) 木造	839	95.8
	2) コンクリート造	11	1.3
	3) 鉄骨造	21	2.4
	4) その他	2	0.2
	無回答	3	0.3
使用暖房種類[注3)]	1) 広範囲暖房	282	32.2
	2) 局所暖房	573	65.4
	3) 使用していない	2	0.2
	無回答	19	2.2

表 2. 判別分析変数詳細

目的変数	
午前 0 時室温	[0: 9 or 18℃以上 1: 9 or 18℃未満]
説明変数	
築年数	[ ]年
構造	[1: 木造 2: それ以外]
暖房	[1: 広範囲暖房 2: 局所暖房 3: 未使用]

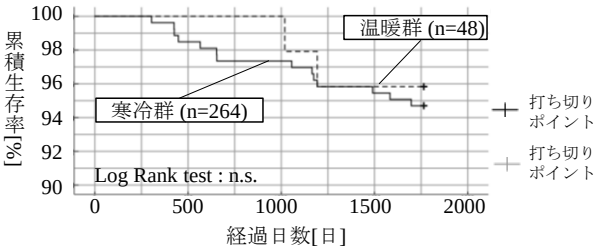

図 4. 累積生存率推移[注4)] (室温閾値 18℃)

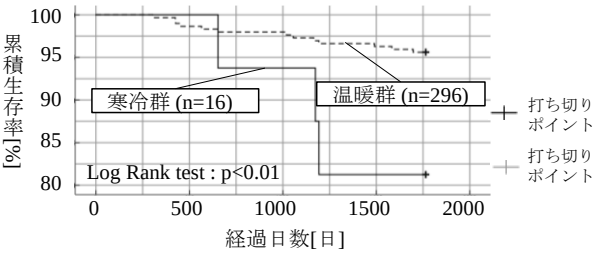

図 5. 累積生存率推移[注4)] (室温閾値 9℃)

2020-04-06T23:00:07.949海塩渉

4.5 ロジスティック回帰分析による発病リスク（表 4）

前述の比例ハザード分析においては、統計的有意性に課題を残した。そこで、再度説明変数の調整を行った上でロジスティック回帰分析を実施し、10 年経過時の高血圧発病に室温が及ぼすリスクを検証した。使用データや分析手順については既報[文5)]と同様である。その結果、交絡要因を考慮しても「夜間室温（0:18℃以上　1:18℃未満）」が影響を及ぼしうる因子として示され、夜間の室温が 18℃未満で生活している人は、18℃未満で生活している人よりも 10 年間に高血圧を発病するリスクが 6.0 倍高くなることが示唆された。

5. 住まいの高断熱化に関する費用対効果検証

5.1 目的　前章では、住宅が寒冷になることで、居住者の高血圧発病リスクが高くなることを明らかにした。即ちこれは、住宅を高断熱化し、18℃に維持することで高血圧発病を抑制可能と捉えることもできる。そこで、本章では、前述の調整オッズ比に基づき、高断熱化群と対照群の発病割合の差異について推計し、高断熱化によって減った高血圧患者の治療費を「健康維持がもたらす間接的便益(NEB: Non-Energy Benefits)」と捉え、金額換算する。

5.2 シナリオ概要（図 6）　NEB 推計に伴い、次のシナリを設定した。①正常血圧である 30 代夫婦（男女 2 名世帯）が多く居住している地域において、半数が 30 代時点で断熱改修を実施（或いは高断熱化住宅を新築）、②10 年経過毎に一定割合が高血圧を発病、③高血圧発病者は、以降半永久的に治療・薬剤費が発生、④発病者は完治も重篤化もしない、⑤全夫婦が同じ家に住み続け 40 年間誰も死亡しない。以上により両群の一人あたりの医療費を比較した。

5.3 EB 算出の根拠　先行研究[文6)]を参考に、高断熱化に伴う光熱費削減の直接的便益（EB）は 35,000［円/世帯・年］とした。同様に、断熱改修費を 200［万円/戸］、新築時の高断熱化の追加費用を 100［万円/戸］とした。

表 3. 死亡に関する Cox 比例ハザード分析結果[注4)]

生存変数					
生存日数		[　]days			
状態変数					
循環器疾患死亡有無		0:生存 1:死亡			
説明変数		調整ハザード比	95%信頼区間 下限	95%信頼区間 上限	有意確率
夜間室温（居間 0 時）	0: 9℃ 以上 1: 9℃ 未満	5.973	.938	38.046	.059
年齢	0: 65-84 歳 1: 85 歳以上	7.923	2.121	29.597	.002
高血圧既往歴	0:なし 1:あり	14.123	1.154	172.875	.038
性別	0: 男性 1: 女性	.210	.033	1.344	.099
BMI（kg/㎡）	0: 25.0 未満 1: 25.0 以上	2.071	.496	8.638	.318
就学年数	0:9 年以下 1:12 年以上	.476	.462	8.591	.335
喫煙歴	0: 無し 1: 有り	.476	.087	2.597	.391
飲酒頻度	1: 飲まない 2: 週 3 日未満 3:週 3 日以上	Ref. .302 .573	 .022 .079	 4.132 4.173	.657 .370 .582

表 4. 高血圧発病に関するロジスティック回帰分析結果

共変量		調整オッズ比	95%信頼区間 下限	95%信頼区間 上限	有意確率
夜間室温（居間 0 時）	0: 18℃ 未満 1: 18℃ 以上	5.968	1.004	35.469	.049
年齢	0: 20-54 歳 1: 55-64 歳	4.674	1.455	15.019	.010
BMI（kg/㎡）	0: 25.0 未満 1: 25.0 以上	3.608	1.176	11.067	.025
性別	0: 男性 1: 女性	.751	.227	2.482	.638
就学年数	0:12 年以下 1:16 年以上	1.406	.452	4.372	.556
運動習慣[注5)]	0: なし 1: あり	.552	.106	2.881	.481
喫煙	0: 吸ってない 1: 吸っている	1.317	.387	4.488	.660
飲酒頻度	1: 飲まない 2: 週 3 日未満 3: 週 3 日以上	Ref. .823 .582	 .217 .127	 3.126 2.672	.772 .775 .487
睡眠時間	1: 7 時間未満 2: 7 時間以上	.407	.407	1.256	.120

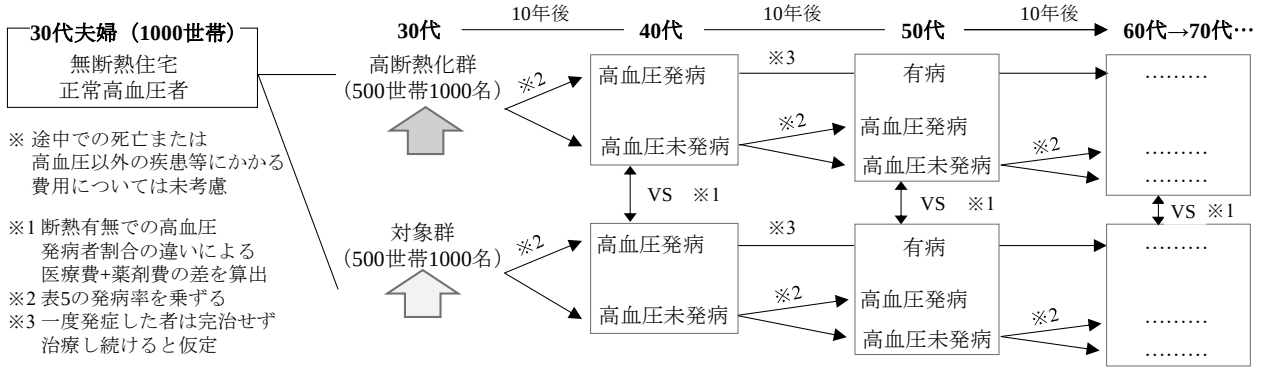

図 6. シナリオ分析概要（30 代夫婦 1,000 世帯の場合）

2020-04-06T23:00:07.949海塩渉

5.4 NEB 算出の根拠(表 5,6)　高血圧抑制による便益を、治療の際に個人が負担する医療費と治療に伴う薬剤費（以下、薬剤費）の合計と捉えた。高血圧にかかる医療費［円/人・月］は既往研究[文7)]の数値を使用し、薬剤費に関しては、国内全体の高血圧の薬剤費［円］[注6) 文8)]を国内の有病者数［人］[文9)]で除することによって求めた。高血圧有りの者とそうでない者の医療・薬剤費の差異は月額 5,222［円/人］であり、年額となると 62,664［円/人］となる。しかしながら、高断熱化をした群であっても高血圧を発病する者があらわれるため、この全額が NEB となるわけではなく、発病割合の差異を加味する必要がある。次に、10 年毎の発病率は、循環器疾患の長期追跡調査 NIPPON DATA [文10)]を基に性年代別の発病率を推計し、これを標準的な発病推移とした。高断熱化群の発病率には、前章で導出した室温の調整オッズ比の逆数を乗じた。

5.5 NEB を加味した投資回収年数の推計（図 7, 表 7）　前述のシナリオとデータを基に、高血圧予防による NEB を加味した高断熱化の費用対効果分析を実施した。EB のみを考慮した場合の改修費（200 万円）の回収期間は 58 年であるのに対し、高血圧予防効果も考慮すると回収期間は約 39.0 年（NEB は個人負担 3 割のみ）に短縮され、社会保障費も含めると、25.5 年で回収できると試算された。新築時の追加コスト（100 万円）であると、EB のみの 29 年から、EB+NEB(個人負担のみ)は 18.5 年まで短縮され、EB+NEB(社会保障込み)は 12.8 年まで短縮された。

6. まとめ

1）居間室温平均が低下するほど、寒冷群は温暖群に比べて累積生存率が低下することが示唆された。

2）交絡因子を考慮しても、午前 0 時の居間室温平均が 9℃未満で生活している場合、温暖な場合と比べ 4 年間の循環器疾患死亡リスクが 6.0 倍高くなることが示された。

3) 住宅の高断熱化による高血圧予防効果を考慮する事で断熱改修の投資回収費用は 58 年からほぼ半減となる 25.5 年にまで短縮される可能性が示唆された。

[謝辞]　既報[文5)]参照。尚、本研究は、科学研究費補助金・基盤研究（S）（研究代表者：伊香賀俊治、課題番号：17H06151）の助成を受け実施したものである。

[注釈] 1) 分析には多変量解析ソフト SPSS Statistics25.0 を用いた。2) 欠損値に 2013 年の回答から推測したものを含む。3) エアコン・床暖房を「広範囲暖房」として、それ以外を「局所暖房」とみなした。4)「死亡者が 2009 年時点で 65 歳以上のみであった為、65 歳未満のサンプルを除いた。5) 運動習慣あり：週 2 回以上、1 回 30 分以上、1 年以上、運動をしている者。6) 高血圧降下剤と血管拡張剤の総額を使用した。

表 5. 高血圧治療にかかる医療費・薬剤費

費用区分け	疾患なし	高血圧あり
治療費	7,473 円 / 人・月	10,067 円 / 人・月
高血圧の薬剤費	-	2,628 円 / 人・月
両群の差異	5,222 円 / 人・月	

表 6. 18℃以上/未満の群別高血圧有病者推移

	年代別発病率（%）			仮定
男性	30→40	40→50	50→60	
対照群	18.1	26.2	23.7	標準的な発病率
高断熱化群	3.0	4.4	4.0	室温の調整オッズ比の逆数を乗ずる
女性				
対照群	20.4	23.0	30.8	標準的な発病率
高断熱化群	3.4	3.9	5.2	室温の調整オッズ比の逆数を乗ずる

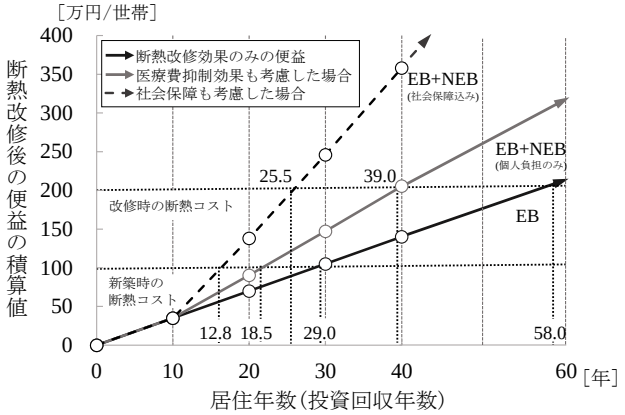

図 7. 高血圧予防を考慮した高断熱化の投資回収年数

表 7. 断熱改修がもたらす便益と投資回収年数

		EB のみ	EB+NEB (個人負担のみ)	EB+NEB (社会保障込み)
便益 [円/年・世帯]		35,000	55,418※1	103,060※1
			56,901※2	108,004※2
			58,055※3	111,851※3
投資回収年数[年]	新築	58.0	39.0	25.5
	改修	29.0	18.5	12.8

※1 30 代→40 代 ※2 40 代→50 代 ※3 50 代→60 代

[参考文献]　1) 厚生労働省　平成 27 年国民医療費の概況　国民医療費・対国内総生産・対国民所得率比率の年次推計 2) Koshi NAKAMURA, et al: Impact of Hypertension on Medical Economics: A 10-Year Follow-Up Study of National Health Insurance in Shiga, Japan, Hypertens Res Vol. 28, No.11　(2005) 3) 山我ら,脳血管疾患の Cost of Illness　(医療・社会的資源),国際医療福祉大学学会誌,第 21 巻 1 号,pp.82-92 (2016) 4) 前川ら,室温と生存データに基づく循環器疾患リスクに関する Cox 比例ハザード分析, 日本建築学会大会九州支部大会（長崎）, 2016.3　5) 前川ら,中山間地域におけるフィールド調査に基づく循環器疾患発病リスクの研究（その 2）室温指針検証のための後ろ向きコホート調査,日本建築学会大会梗概集（九州）, pp1193-1194, 2016.8 6) 伊香賀ら, 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 76 巻 666 号 p. 735-740, 2011,1　7) Koshi NAKAMURA, et al: Medical costs of patients with hypertension and/or diabetes : A 10-Year Follow-Up Study of National Health Insurance in Shiga, Japan, Journal of Hypertension Vol. 24, No.11　(2006) 8) 厚生労働省 調剤医療費(電算処理)の動向 平成 26 年度版 9) 厚生労働省 平成 26 年患者調査の概況 10)第 5 次循環器疾患基礎調査 NIPPON DATA2010

*1 北九州市立大学大学院　大学院生　Graduate Student, The University of Kitakyusyu
*2 北九州市立大学　講師・博(工)　Lect., The University of Kitakyusyu, Dr. Eng.
*3 慶應義塾大学　教授・博(工)　Prof., Keio University, Dr. Eng.
*4 首都大学東京　名誉教授・医博　Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan University, M.D.
*5 慶應義塾大学大学院　博士課程学生　Ph.D. Student, Keio University