

暖房方式・暖房利用が居住者の健康へ与える影響に関する測定調査
(第2報) 居住者の身体活動量への影響
Field Survey on Resident's Health Impact Affected by Space Heating System and Usage
(Part 2) Impact upon Daily Physical Activities of Residents

学生会員 ○馬淵 勝之 (慶應義塾大学) 技術フェロー 伊香賀 俊治 (慶應義塾大学)
正 会 員 小島 弘 (慶應義塾大学) 正 会 員 伊藤 真紀 (積水ハウス 当時, 慶應義塾大学)
学生会員 浅倉 弘亮 (慶應義塾大学) 学生会員 光本 ゆり (慶應義塾大学)

Masayuki MABUCHI*¹ Toshiharu IKAGA*¹ Hiroshi KOJIMA*¹ Maki ITO*²

Hirotaka ASAKURA*¹ Yuri MITSUMOTO*¹

*¹ Keio University *² Sekisui House Co. LTD.

Because of the aged society, lack of exercise is regarded as the third largest health problem in Japan. Especially for elderly people, an exposure to cold may lead to falls. In this study, we conducted a questionnaire survey and actual measurement about thermal environment, heating methods and physical activity. It was revealed that the effects on physical activity were different depending on the attributes of the subjects. It was suggested that the day when floor heating was used had more physical activity and longer sitting time.

1. 背景・目的

日本では急速に高齢化が進行し、医療・介護にかかる国の社会保障費は年々増加している。この問題に対し、非感染性疾患による死亡の3番目の危険因子として運動不足が挙げられており、社会保障費の削減に向けて身体活動量の増加による健康維持増進が必要である^{文1)}。また、身体活動の実施とは独立して、座位行動が総死亡および冠動脈疾患死亡リスクと関連があることが明らかになってきた^{文2)}。特に在宅時間の長い高齢者においては身体活動の環境要因として住宅を考慮する意義は大きいと考えられる。

身体活動量と温熱環境の関連性について、Lindemannら^{文3)}は寒冷暴露により皮膚温が低下し高齢者の筋力が低下すると報告している。さらに、住宅性能・住宅内温熱環境と身体活動量の関係を実測・検証した研究として、篠原ら^{文4)}は脱衣所及び廊下の温度が高いほど生活活動量が多いことを示した。

しかし、上記の既往研究では1日の身体活動量に対する住宅内温熱環境の影響を検討しており、因果関係をより明確にするには、身体活動が行われる場所に応じて在宅中と外出中に区別して身体活動量を評価する必要がある。また、温熱環境の改善に寄与するものとして、暖房使用による在宅中の身体活動量の変化は十分に明らかにされていない。

そこで本研究では、暖房方式に着目し、床表面及び床近傍室温を温めることが可能な床暖房とエアコン等の気

流式暖房を比較し、全国における住宅の温熱環境が在宅中の身体活動量に及ぼす影響を分析する。

2. 本研究の概要

質問紙調査の設問は(第1報)を参照されたい。実測調査の概要を表1に示す。各世帯に温湿度計を配布し、各対象者に3軸加速度センサを搭載した活動量計を入浴、就寝時以外で腰部に装着を依頼した。epoch長は1分とした。対象者募集時にリビングでメインに使用している暖房機器を回答してもらい、ホットカーペットを除く床暖房を導入し、メインで使用している世帯を床暖房メイン群、気流式暖房を導入し、メインで使用している世帯を気流式暖房メイン群とした。

3. 分析概要

3.1 身体活動量の分析対象サンプルの選定

身体活動量の分析対象サンプル選定のサブジェクト

表1 住宅内温熱環境と身体活動量の実測調査概要

調査対象	住宅の省エネルギー基準平成11年基準以上、 居住年数3年以上の全国 (2017年のアンケート調査対象者から選定)
サンプル	103世帯199名
実施期間	2018年1月20日～3月11日(14日間測定)
測定機器	活動量: Active style PRO HJA-750C (OMRON 社) 温湿度: TR-72wf (T&D 社) 温度: TR-51i (T&D 社)

フローを図1に示す。まず、活動量計の装着忘れなどにより正しく測定していない日を除くため、60分間で計測があった時間が2分以下であった場合、その60分間は活動量計を装着していないと判定し、1日の装着時間が10時間未満であった日を除外した。さらに、被験者記入の活動日誌における外出時刻から帰宅時刻までの期間を除いた在宅中の装着時間が2時間未満であった日を除外した。以上より、残りの有効測定日数が4日以下であった測定者を除外した。さらに、特異的に身体活動量が高い人の影響を除外するため、低強度以上の身体活動量を目的変数とし、説明変数を年齢、性別、BMI、職業、世帯年収、運動習慣とした重回帰分析におけるCookの距離を算出し、全対象者の平均値から標準偏差の3倍の値を加えた値よりも大きい対象者を除外した。以上より、89世帯157名(1814日)が分析対象サンプルとして選定された。

3.2 1日ごとの床暖房使用の有無の判定

床表面温度が床上1m温度よりも高い且つ25.0℃以上である場合、床暖房を使用したと判定し、それが30分以上となる日を床暖房使用ありの日とした。

3.3 在宅中の身体活動量の指標

中・高強度の歩行活動は屋外での活動に多いため、在宅中の中・高強度(3METs^{注3)}以上の身体活動の指標には生活活動を採用した。さらに、日誌への記入の不確かさと、住宅内の温熱環境とは関係なく外出と帰宅に関係して発生する活動の影響を考え、外出時刻よりも30分前まで、帰宅時刻の30分後の身体活動量を在宅中の活動とした。低強度(1.6METs^{注3)}以上3METs未満の身体活動の指標には活動時間を採用し、歩行・生活活動を区別せずに集計した。座位行動(1.5METs以下)は30分以上連続しているものとし、長時間続けた座位行動が行われているかを集計した。また、在宅中の身体活動量・座位行動は在宅時間が長いほど多くなるため、睡眠時間を除く在宅中の活動量計の装着時間[min]で除し、在宅装着時間あたりの身体活動量とした。

3.4 身体活動量と温熱環境のマルチレベル分析

身体活動には多くの交絡要因が考えられる。そこで、性別による住宅内の行動が異なること、在宅時間の長い専業主婦や無職者の住宅内の行動を把握することや高齢者は筋力低下の影響を受けやすいという仮説のもと、男女別、専業主婦/無職、60歳以上の高齢者のそれぞれに限定して、マルチレベル分析を実施した。目的変数の分布はガンマ分布のログリンク^{注4)}とし、目的変数の値が0を取る場合は、欠損値として扱った。説明変数には日レベルに居間上下空気温度差(床近傍-床上1m) [℃]と床暖房使用有無のどちらか一方を投入し、p値が小さい方を本結果として表に記載した。

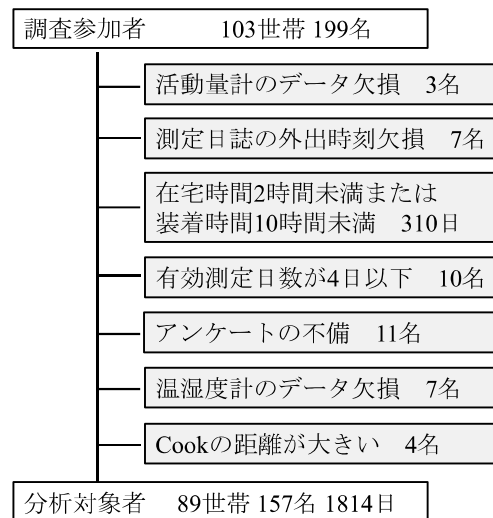


図1 分析対象者の選定フロー

表2 実測調査対象者の概要

		メイン居間暖房方式			
		気流式メイン		床暖房メイン	
		n	%	n	%
年齢	60歳未満	64	75.3	49	68.1
	60歳以上	21	24.7	23	31.9
性別	女性	44	51.8	33	45.8
	男性	41	48.2	39	54.2
BMI ^{注1)}	低体重 ^{注2)}	12	14.1	7	9.7
	標準 ^{注2)}	61	71.8	55	76.4
	肥満 ^{注2)}	12	14.1	10	13.9
職業	なし	34	40.0	29	40.3
	あり	51	60.0	43	59.7
世帯年収	600万円未満	38	44.7	28	38.9
	600万円以上	47	55.3	44	61.1
運動習慣	なし	60	70.6	55	76.4
	あり	25	29.4	17	23.6

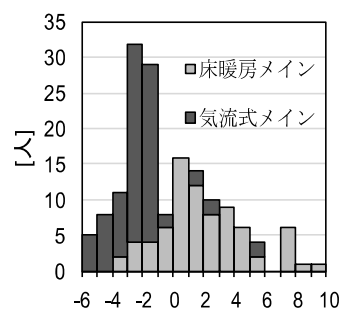


図2 上下温度差の分布

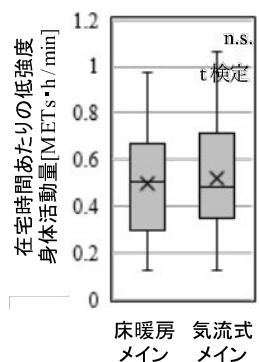


図3 暖房方式と低強度身体活動量

表3 在宅装着時間あたりの低強度身体活動時間と床暖房の使用

分析対象			男性		女性		専業主婦/ 無職		60 歳以上	
目的変数	低強度身体活動時間[h/min]		<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値
固定効果	切片		- 1.73	0.000**	- 1.20	0.000**	- 1.63	0.000**	- 1.03	0.000**
	日 レベル	休日でない ref: 休日	- 0.14	0.000**	0.05	0.052†	0.02	0.592	- 0.02	0.618
		床暖房使用あり ref: なし	0.03	0.594	0.09	0.028*	0.08	0.116	0.16	0.021*
	個人 レベル	年齢 [歳]	0.004	0.444	- 0.001	0.807	- 0.003	0.475	0.002	0.872
		性別 女性 ref: 男性	-	-	-	-	0.46	0.000**	0.46	0.001**
		BMI [kg/m²]	- 0.033	0.078†	- 0.005	0.717	- 0.009	0.600	- 0.012	0.636
		職業あり ref: なし	0.15	0.333	- 0.14	0.069†	-	-	0.01	0.944
		世帯年収 600 万以上 ref: 600 万未満	0.06	0.524	- 0.02	0.779	- 0.08	0.408	- 0.11	0.389
	運動習慣あり ref: なし	0.04	0.697	- 0.15	0.165	0.04	0.722	0.12	0.325	
変量効果	残差の分散		0.13	0.000**	0.07	0.000**	0.07	0.000**	0.09	0.000**
サンプル数			878 日 (76 名)		826 (74 名)		608 (55 名)		500 (43 名)	
補正赤池情報量規準 (AICc)			915		417		324		352	

表4 在宅装着時間あたりの中・高強度生活活動量と床暖房の使用

分析対象			男性		女性		専業主婦 / 無職		60 歳以上	
目的変数	中・高強度生活活動量[METs・h/min]		<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値
固定効果	切片		- 4.74	0.000**	- 2.57	0.000**	- 3.43	0.000**	- 3.14	0.000**
	日 レベル	休日でない ref: 休日	- 0.12	0.031*	- 0.062	0.608	- 0.11	0.141	0.03	0.739
		居間上下空気温度差 (床近傍 - 床上 1m) [°C]	0.053	0.032*	-	-	-	-	-	-
		床暖房使用あり ref: なし	-	-	0.19	0.042*	0.15	0.184	0.13	0.340
		個人 レベル	年齢 [歳]	0.003	0.736	- 0.014	0.054†	- 0.013	0.130	- 0.020
	性別 女性 ref: 男性	-	-	-	-	0.69	0.008**	0.46	0.074†	
	BMI [kg/m²]	- 0.018	0.573	0.021	0.516	0.001	0.983	0.083	0.110	
	職業あり ref: なし	0.58	0.030*	- 0.30	0.082†	-	-	0.16	0.548	
	世帯年収 600 万以上 ref: 600 万未満	0.07	0.695	0.21	0.236	0.19	0.340	- 0.30	0.224	
	運動習慣あり ref: なし	0.10	0.575	- 0.03	0.908	0.13	0.571	0.26	0.281	
変量効果	残差の分散		0.38	0.000**	0.33	0.000**	0.32	0.000**	0.33	0.000**
サンプル数			756 日 (76 名)		800 (74 名)		581 (55 名)		474 (43 名)	
補正赤池情報量規準 (AICc)			1629		1604		1158		954	

** : p<0.01, * : p<0.05, † : p<0.10

4. 分析結果・考察

4.1 対象サンプルの属性

暖房方式ごとの属性の集計結果を表3に示す。職業の有無の割合は気流式暖房と床暖房で概ね一致した。年齢構成は気流式暖房と比べ床暖房メイン群が高齢で、男性が多く、世帯年収が高い等、属性が異なった。

4.2 居間の暖房方式と温熱環境の関係

居間上下空気温度差の度数分布を図2に示す。床暖房メイン群の居間上下空気温度差は、気流式暖房メイン群

よりも大きく、床近傍温度が床上 1m 温度よりも上昇していると考えられる。

4.3 居間の暖房方式と身体活動量の関係

暖房方式と低強度の身体活動量の関係を図3に示す。床暖房と気流式暖房の使用頻度により低強度の身体活動量を比較したが、顕著な傾向は現れなかった。

4.4 住宅内温熱環境と身体活動量の関係

1) 低強度身体活動時間と床暖房 (表3)

女性、60 歳以上の高齢者のモデルにおいて日レベルの

表5 在宅装着時間あたりの30分以上連続した座位行動時間と床暖房の使用

分析対象			男性		女性		専業主婦/無職		60 歳以上	
目的変数	30 分間以上の座位行動時間[min/min]		<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値	<i>B</i>	<i>p</i> 値
固定効果	切片		- 0.78	0.000**	- 1.19	0.000**	- 0.83	0.000**	- 0.90	0.001**
	日 レベル	休日でない ref：休日	- 0.11	0.000**	- 0.02	0.450	- 0.04	0.363	- 0.01	0.857
		居間上下空気温度差 (床近傍 - 床上 1m) [°C]	0.053	0.035*	0.021	0.132	0.040	0.024*	0.035	0.025*
	個人 レベル	年齢 [歳]	0.003	0.515	- 0.001	0.794	0.000	0.925	0.006	0.604
		性別 女性 ref：男性	-	-	-	-	- 0.30	0.025*	- 0.31	0.014*
		BMI [kg/m ²]	0.016	0.317	0.015	0.289	0.009	0.646	- 0.000	0.999
		職業あり ref：なし	- 0.09	0.491	0.19	0.009**	-	-	0.08	0.520
		世帯年収 600 万以上 ref：600 万未満	- 0.02	0.826	0.07	0.332	0.03	0.724	0.09	0.453
		運動習慣あり ref：なし	- 0.06	0.461	0.15	0.135	- 0.03	0.810	- 0.14	0.236
変量効果	残差の分散		0.10	0.000**	0.14	0.000**	0.13	0.000**	0.10	0.000**
サンプル数			868 (76 名)		816 (74 名)		594 (55 名)		486 (43 名)	
補正赤池情報量規準 (AICc)			668		887		648		950	

** : p<0.01, * : p<0.05, † : p<0.10

床暖房の使用が低強度身体活動時間と正の相関を示した。また、女性に比べ、高齢者の偏回帰係数が大きく、専業主婦 / 無職では有意とはならなかったことから、加齢により影響を受けやすくなるものと考えられる。

2) 中・高強度生活活動量と床暖房 (表4)

男性のモデルにおいては日レベルの居間上下空気温度差 (床近傍 - 床上1m 温度) が中・高強度生活活動量と正の相関を示した。一方、女性のモデルにおいては床暖房の使用と中・高強度生活活動量と正の相関を示した。男性の場合は、日中は外出していることが多く、住宅が1日を通して床近傍が暖かい環境にあることが帰宅後の在宅中の中・高強度生活活動を促すものと考えられる。

3) 30分間以上の連続した座位行動時間と暖房方式 (表5)

男性、専業主婦 / 無職、60歳以上のモデルにおいて、日レベルの居間上下空気温度差 (床近傍 - 床上1m 温度) が30分間以上の座位行動時間と正の相関を示した。住宅でゆったりとした生活を過ごす人の場合、床近傍が暖かいことで座る、寝るの様な行動が増加することが示唆された。ただし、現状ではどの程度座位行動が増加すれば健康に悪影響を及ぼすかの基準は明らかになっていない。

5. まとめ

対象者の属性によって身体活動量に及ぼす影響が異なった。床暖房を利用する日は身体活動量が多いことや座位行動時間が長くなることが示唆された。これらの結果は、日毎の身体活動量の変動を推計するマルチレベル分析のモデルであり、暖房方式の違いを検討するには個人レベルでの長期的な影響を評価する必要がある。

注 釈

- 1) BMI[kg/m²]= 体重[kg]/身長[m]²
- 2) 日本肥満学会による肥満度の判定基準より、BMI18.5 未満を低体重、BMI18.5 以上 25.0 未満を標準、BMI25.0 以上を肥満と判定した
- 3) 目的変数 y、独立変数 x、偏回帰係数 b の関係は以下の式

$$y = 10^{b_0} \cdot 10^{b_1 x_1} \cdot \dots \cdot 10^{b_n x_n}$$
- 4) 身体活動の強さを安静状態の何倍の代謝に相当するかで表す単位。およそ 3METs が歩行、1.5METs 以下安静座位・立位の状態に相当する

謝 辞

(第1報) 参照

参 考 文 献

- 1) 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会 次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会, 健康日本 21 (第2次) の推進に関する参考資料, 2012
- 2) 岡 浩一朗ら, 座位行動の科学—行動疫学の枠組みの応用—, 日本健康教育学会誌, 21(2), 142-153, 2013
- 3) Ulrich Lindemann et al, Effect of cold indoor environment on physical performance of older women living in the community, Age and Ageing, Vol 43(4):571-575, 1 July 2014
- 4) 篠原 幸志朗ら, マルチレベル分析に基づく室内温熱環境による身体活動促進効果の検証-地方都市在住居住者を対象とした基礎的検討, 空気平成 29 年度調和・衛生工学会大会学術講演論文集, Vol 6:225-228, 2017