

## 冬季における住宅の暖房方式・温熱環境による居住者の座位行動への影響

EFFECT OF INDOOR HEATING SYSTEM AND THERMAL ENVIRONMENT  
ON SEDENTARY BEHAVIOR IN WINTER明内 勝裕<sup>\*1</sup>, 伊香賀 俊治<sup>\*2</sup>, 伊藤 真紀<sup>\*3</sup>, 小島 弘<sup>\*4</sup>*Katsuhiko MYONAI, Toshiharu IKAGA, Maki ITO  
and Hiroshi KOJIMA*

Physical activity contributes to a variety of health benefits. Therefore, preventing sedentary behavior is critical for the promotion of physical activity in people of all ages. This study was to clarify the relationship between sedentary behavior and the living environment. This study surveyed residents living in houses with adequate insulation performance. In the cross-sectional survey, we examined the relationship between living environment and sedentary behavior at the daily and individual levels, using multilevel analysis. In the intervention survey, we examined the relationship between changes in the indoor thermal environment and sedentary behavior by requesting the active use of heating.

**Keywords:** Physical Activity, Sedentary Behavior, Indoor Thermal Environment, Heating System, Measurement Survey, Generalized Linear Mixed Model

身体活動, 座位行動, 住宅内温熱環境, 暖房方式, 実測調査, 一般化線形混合モデル

## 1. はじめに

近年、日本の生活習慣病患者数は増加傾向であり<sup>1)</sup>、それらの予防には身体活動<sup>註1)</sup>の促進が効果的であることが分かっている<sup>2)</sup>。身体活動の効果として心臓血管系・呼吸器系・内分泌代謝系のそれぞれに働き、複合的に生活習慣病の予防に寄与することが明らかになっている<sup>3)</sup>。これらのことから、我が国において身体活動や運動を推奨する普及啓発活動が行われ、様々な目標値の設定が行われてきた<sup>4) 5)</sup>。しかし、現状として我が国の指針である健康日本21(第2次)の日常生活における目標歩数には到達しておらず、運動習慣者の割合も依然少ないままである<sup>6)</sup>。また、新型コロナウイルス感染症流行下において人々の身体活動は大幅に減少しており<sup>7)</sup>対策は急務である。また、冬季はその他の季節に比べ身体活動が減少する傾向が示されており<sup>8)</sup>、特に冬季の身体不活動を抑制することが求められる。

そこで予防疫学の観点から身体活動促進の有効な手段としてポピュレーションアプローチ<sup>註2)</sup>の重要性が挙げられている<sup>9)</sup>。その中でも人々の行動に影響を与える環境要因の検討が進められている<sup>10)</sup>。海外の既往研究では身体活動量が多い人々が居住する自宅周辺の環境として道路の接続性が良いこと、住宅密度が高いこと、土地利用度が高いこと等が示されている<sup>11) 12)</sup>。国内の既往研究においてもInoue<sup>13)</sup>らは身体活動量が多いことと住宅密度が高いこと、スーパーや商店へのアクセス性が良いこと、歩道があることに関連があることを示した。このように身体活動と関連のある環境要因として

住宅の周辺環境に関する知見は多く存在する。一方で、人々の生活において多くの時間を過ごす住環境と身体活動の関連を検討する研究では、柳澤ら<sup>14)</sup>は個人属性を考慮した上で住宅内の居間・寝室・脱衣所・廊下の最低室温が高い程、活動量計の識別する生活活動量が多く、その中でも非居室である脱衣所・廊下の室温の影響が大きいことを示した。また、住環境研究所<sup>15)</sup>の高齢者を対象にした研究では、住宅内の各居室を暖房した群はリビングなどの主要な居室のみを暖房している群に比べ、住宅内の温度差が少なく身体活動時間が長いことを報告した。暖房方式に着目した研究では、伊藤ら<sup>16)</sup>が低断熱住宅<sup>註3)</sup>の居住者を対象に活動量計を用いて、コタツ使用の有無及び脱衣所暖房使用の有無と在宅時身体活動の関連を検討した。性別毎にそれぞれコタツを使用せず、脱衣所暖房を使用する環境で暮らす者はそうでない者より座位行動<sup>註4)</sup>が少なく、身体活動量が多いことを示した。これらの知見から住宅内の温熱環境・暖房方式が身体活動に影響を及ぼすことが予想される。

本研究では温熱環境・暖房方式を包括的に考慮することで身体活動促進に寄与する明確な住環境指針の作成につながることを目標とする。また、今後は国の進める省エネルギー対策の一つとして住宅の断熱性能の向上が求められる<sup>17)</sup>ことから、一定以上の断熱性能を有する住宅における住環境と身体活動の関連の検討が必要である。最新のWHO<sup>18)</sup>の指針より全世代共通の推奨として挙げられている座位行動時間の減少に着目し、本研究では居住者の身体活動の指標として座位行動時間の検討を行う。

\*1 慶應義塾大学大学院理工学研究科 大学院・学士(工学)

\*2 慶應義塾大学理工学部 教授・博士(工学)

\*3 積水ハウス㈱ 修士(工学)

\*4 慶應義塾大学 共同研究員・博士(工学)

Grad. Student, Grad. School of Science and Technology, Keio Univ., B.Eng.

Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr.Eng.

Sekisui House, Ltd. M.Eng.

Co-researcher, Keio Univ., Dr.Eng.

本研究は積水ハウス株式会社が施工した住宅に居住している者の内断熱性能が平成 11 年基準以上の住宅に 5 年以上住む 20 歳以上の成人を対象に、床暖房を導入した者とそうでない者が凡そ同数になるように調査を実施した。冬季において住宅内温熱環境・身体活動に関する実測調査及び個人属性・住まい方等に関する質問紙調査を行った。住宅内の温熱環境・暖房方式が在宅時の座位行動に及ぼす影響の検討を目的とし、①横断研究による住環境と座位行動の関連の検討及び、②同一対象者に対する暖房利用への介入調査による住環境の変化と座位行動の変化の関係について検討を行う。

## 2. 調査概要

本調査では、冬季に部屋を暖める主な暖房方式としてエアコンまたは床暖房を使用している居住者を対象として、2017 年度 1 月～3 月に横断調査を、2018 年度 1 月～2 月に介入調査を実施した (Table 1)。いずれも測定期間は 2 週間とし、横断調査と介入調査では異なる対象者が参加した。横断調査では普段通りの暖房利用を依頼した (以下、通常利用)。介入調査では、測定期間のうち前半 1 週間は通常利用を、後半 1 週間は「起床時に居間が十分に暖くなる」、「日中でも居間が暖かく保たれる」という条件を満たすような暖房利用 (以下、積極利用) を依頼した。横断調査の対象者および介入調査の対象者 (ただし、前半 1 週間のみ) を横断研究サンプルとして、暖房方式別に主にエアコンを使用している群 (エアコン群) と主に床暖房を使用している群 (床暖房群) の 2 群に分けて検討を行った。介入研究では、横断調査の対象者を非介入群とし、介入調査の対象者をエアコンの積極利用群、床暖房の積極利用群として検討を行った。

実測項目では温湿度計 (T&D 社 : TR-72wf, TR-51i, TR-71wf) を用いて住宅の居間・寝室・脱衣所・廊下・トイレにて温湿度を 10 分毎に連続測定した (居間のみ床上 1m・床近傍・床表面温度を測定。その他では床上 1m を測定)。また、装着型 3 軸加速度計 (OMRON 社 : Active Style Pro HJA-750C) による身体活動の測定を行った。身体活動測定期間中は入浴時、就寝時を除き常に活動量計を装着するように依頼した。測定期間中の行動日誌、質問紙調査より個人属性・住まい方等の把握を行った。(Table 2)

分析の有効サンプルとして測定日誌・アンケートの全欠損、活動量・温湿度データの全欠損を除いた。また、身体活動は 60 秒 epoch length<sup>注 5</sup> データを用い、活動量計の 1.0METs 未満が 60 分以上続いた場合 (ただし、1.0METs 以上が 2 分間以内で検出された場合は 1.0METs 未満とみなす) を非装着時間とした<sup>19)</sup>。1 日 24 時間から非装着時間を差し引いた 1 日の装着時間が 10 時間未満の日、もしくは測定日誌による在宅時間が 2 時間未満の日を除外し、有効日数が 4 日未満の者を除いた。(Fig. 1)

座位行動は「座位および臥位におけるエネルギー消費量が 1.5METs 以下のすべての覚醒行動」と定義されていることから、活動量計が識別する活動強度が 1.5METs 以下の身体活動とした。また、座位行動が連続で 30 分以上測定された場合のみの集計を行った<sup>20) 21)</sup>。在宅時間は測定日誌に基づき起床時刻から外出時刻まで及び帰宅時刻から就寝時刻までとした。

以降、統計分析はすべて IBM SPSS statistics ver25 を使用し、統計学的有意水準を 5% とした<sup>注 6</sup>。

Table 1 Overview

	Cross-sectional survey	Intervention survey
Participants	Residents of houses with insulation efficiency of H11 standard or higher (≥20 years old)	
Number of participants	199 people (103 households)	202 people (103 households)
Measurement period	2 weeks (Jan 2017 to Mar 2017)	2 weeks (Jan 2018 to Feb 2018)

Table 2 Measurement Survey Overview

Physical activity	Measurement item	Activity intensity, Activity time, Activity type (Continuous measurement at 10- or 60-s intervals)
	Measurement equipment	HJA-750C (Omron Healthcare Company)
Temperature and humidity	Measurement item	Temperature and relative humidity (continuously measured at 10-min intervals) Living room (1 m above the floor, near the floor, and on the floor surface) Bedroom, Dressing room, Hallway, Toilet (1 m above floor)
	Measurement equipment	TR-72wf, TR-51i, TR-71wf (T&D Company)
Questionnaire	Measurement item	Personal attributes, amount of clothing worn, physical pain, etc.
Measurement diary	Measurement item	Waking and sleeping times, leaving and returning home times, etc.

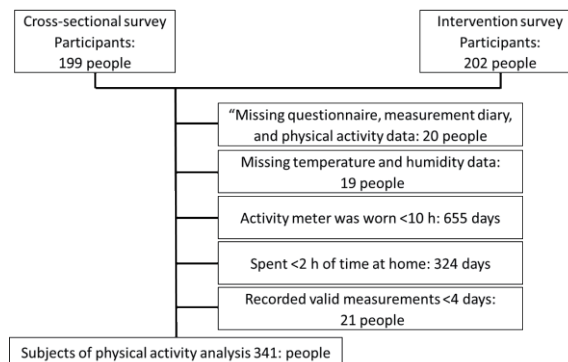


Fig. 1 Participant flow

なお、調査方法に関しては慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロトコルで調査を実施した (承認番号 : 29-79,30-96)。

## 3. 調査結果

### 3.1 集計結果

#### 3.1.1. 個人属性

横断研究サンプルの個人属性の集計を行った (Table 3)。年齢・BMI (Body Mass Index)・同居人数・着衣量において独立したサンプルの t 検定を、それ以外の項目においてはカイ 2 乗検定を行った。その結果、主な暖房方式間に個人属性の有意な偏りは確認されなかった。また、対象者の大部分は省エネ地域区分 6 地域に位置していた。

Table 3 Participant characteristics

Cross-sectional study		Convection heating ( <i>n</i> =188)	Floor heating ( <i>n</i> =144)	<i>p</i>
Age [years]		48.9 ± 12.1 <sup>註7</sup>	49.8 ± 14.1	0.551
Sex	Male	93	69	0.646
	Female	95	78	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		21.9 ± 2.8	22.5 ± 3.0	0.053 <sup>†</sup>
Availability of work	Unemployed	57	51	0.402
	employed	128	94	
Annual household income	Less than 6 million yen	64	46	0.595
	More than 6 million yen	124	101	
Number of people living together [-]		3.7 ± 1.2	3.6 ± 1.1	0.340
Exercise habits	No	133	110	0.406
	Yes	55	37	
Body Pain	No	63	45	0.852
	Slight pain	102	83	
	More than moderate pain	23	19	
Amount of clothing worn [clo]		0.82 ± 0.31	0.84 ± 0.30	0.490

Table 4 Additional heating systems

Cross-sectional study		Convection heating	Floor heating	<i>p</i>
Use of <i>kotatsu</i>	No	175	143	0.083 <sup>†</sup>
	Yes	13	4	
Use of heating in the dressing room	No	146	117	0.669
	Yes	42	30	

Table 5 Indoor thermal environment (Cross-sectional study)

Cross-sectional study	Convection heating	Floor heating	<i>p</i>
Living room temperature 1 m above the floor [°C]	18.4 ± 2.2	18.7 ± 2.9	0.490
Living room temperature near the floor [°C]	15.9 ± 2.9	21.7 ± 4.8	<0.001***
Temperature difference between 1 m above and near the floor in the living room [°C]	3.0 ± 2.4	-2.3 ± 3.8	<0.001***
Temperature difference between the living room and dressing room [°C]	5.4 ± 2.4	4.3 ± 3.0	0.011*
Outside air temperature [°C]	6.0 ± 4.0	5.8 ± 4.0	0.187

Table 6 Indoor thermal environment (Intervention study)

Intervention study (Intervention group)	First week	Second week	<i>p</i>
Living room temperature 1 m above the floor [°C]	19.6 ± 2.4	19.4 ± 2.3	0.067 <sup>†</sup>
Living room temperature near the floor [°C]	20.1 ± 3.7	20.3 ± 4.2	0.283
Temperature difference between 1 m above and near the floor in the living room [°C]	-0.4 ± 4.1	-0.7 ± 4.9	0.029*
Temperature difference between the living room and dressing room [°C]	3.0 ± 3.2	4.1 ± 3.4	<0.001***
Outside air temperature [°C]	8.6 ± 4.2	5.7 ± 1.8	<0.001***
Intervention study (Non-intervention group)	First week	Second week	<i>p</i>
Living room temperature 1 m above the floor [°C]	18.7 ± 2.6	19.0 ± 2.5	<0.001***
Living room temperature near the floor [°C]	18.5 ± 5.1	18.7 ± 4.7	0.235
Temperature difference between 1 m above and near the floor in the living room [°C]	0.6 ± 4.7	0.4 ± 4.1	0.329
Temperature difference between living room and dressing room [°C]	5.2 ± 2.9	4.6 ± 2.6	<0.001***
Outside air temperature [°C]	3.6 ± 1.6	5.4 ± 2.8	<0.001***

### 3.1.2. 温熱環境・暖房方式

横断研究サンプルについて、主な暖房方式毎にコタツ及び脱衣所暖房の使用の有無について集計及びカイ 2 乗検定を行った (Table 4)。その結果、既往研究<sup>16)</sup>で座位行動と有意な関連が確認されたコタツの使用及び脱衣所暖房の使用について、本調査では主な暖房方式に寄らず利用している者の割合が少なかった。続いて、横断研究サンプルにおいて主な暖房方式毎の住宅内温熱環境の集計及び独立したサンプルの t 検定を行った (Table 5)。介入研究では介入群・非介入群の前半 1 週間、後半 1 週間の集計及び対応のあるサンプルの t 検定を行った (Table 6)。本研究では日誌に基づく在宅時間内を対象に住宅内温熱環境の集計を行った。また、非居室の代表を脱衣所とし、居室・非居室の床上 1m 室温差である居間・脱衣所室温温度差を用いた。横断研究サンプルでは主な暖房方式間に居間床近傍室温、居間上下温度差、居間・脱衣所室温温度差に有意な差が確認された。介入群では前後 1 週間で外気温が 2.9°C 有意に低下し、非介入群では 1.8°C 有意に上昇したことが確認された。その為、介入群では暖房の積極利用を依頼が、全体平均では居間床上 1m 室温は低下し、居間・脱衣所室温温度差は有意に上昇した。非介入群では外気温の上昇に伴い全体平均では居間床上 1m 室温は有意に上昇し、居間・脱衣所室温温度差は有意に低下した。

### 3.2. 座位行動に関する分析結果

#### 3.2.1. 暖房方式と座位行動時間の比較

横断研究サンプルの 1 日の在宅時座位行動時間の分布を示す (Fig. 2)。在宅時座位行動時間は 1 日あたり 2~3 時間の者が最も多く、全体の約 36% を占めていた。また、主な暖房方式毎に横断調査時、介入群の通常利用時、介入群の積極利用時の 3 つのケースでの 1 日の在宅時座位行動時間の集計及び暖房方式間の Mann-Whitney の U 検定<sup>註8</sup>を行った (Table 7)。各ケースにおいても主な暖房方式間に座位行動時間の有意な差は確認されなかった。

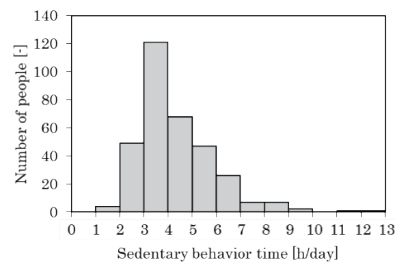


Fig. 2 Sedentary behavior time

Table 7 Sedentary behavior time

Cross-sectional survey	Convection heating	Floor heating	<i>p</i>
Amount of sedentary behavior at home [min/day]	209.5 ± 137.0	207.1 ± 137.0	0.904
Intervention survey (Usually using)	Convection heating	Floor heating	<i>p</i>
Amount of sedentary behavior at home [min/day]	199.7 ± 132.5	193.8 ± 147.3	0.517
Intervention survey (Actively using)	Convection heating	Floor heating	<i>p</i>
Amount of sedentary behavior at home [min/day]	200.2 ± 131.7	205.3 ± 159.6	0.592

## 3.2.2. 暖房の通常利用時における住環境と座位行動時間の関係

暖房方式と座位行動時間の関連及び、主な暖房方式毎の住宅内温熱環境と座位行動時間の関連の検討を行う。分析は日レベルの変数と個人レベルの変数の階層性を考慮した、一般化線形混合モデルにて分析を行う<sup>22</sup>。これは同一対象者の反復測定データ（日レベル）や集団に属する個人毎のデータ（個人レベル）を扱うことのできるモデルである。また、目的変数が正規分布でない確率分布を扱うことができ、本研究において座位行動時間は Fig. 2 の分布よりガンマ分布を想定した。座位行動時間は居住者の在宅時間の長さに影響を受けるため、本分析では対数変換した住宅内の活動量計装着時間を

を及ぼすと考えられる要素として日レベルの平日・休日の区分と外出の有無を、個人レベルの年齢、性別、BMI、就労の有無、世帯年収、同居人数、在宅時の着衣量、運動習慣、身体の痛みの有無を同時投入した。リンク関数はログリンクとし、偏回帰係数 $\beta$ 及び95%信頼区間を指数変換したものと有意確率を結果に示す。

主な暖房方式・個人属性等と座位行動時間の関連を分析した結果を Table 8 に示す。その結果、日レベルでは平日に比べ休日は在宅時の座位行動時間が有意に 1.04 倍長いことが示された。また、個人レベルでは男性に比べ女性は 0.80 倍在宅時の座位行動時間が有意に短く、BMI が 1 [kg/m<sup>2</sup>]高い者は 1.01 倍、無職者に比べ有職者

Table 8 Relationship between major heating systems and sedentary behavior time

Objective variable: Time for sedentary behavior at home [min/day]					
Level	Explanatory variable		Exp( $\theta$ )	95%CI	<i>p</i>
Day level	Whether it is a holiday	Holiday ref. Weekday	1.04	1.00, 1.08	0.029*
	Whether you go out	Outing ref. No outing	1.03	0.92, 1.16	0.584
Individual level	Age	Continuous value [years old]	1.00	1.00, 1.00	0.254
	Sex	Female ref. Male	0.80	0.77, 0.83	<0.001***
	BMI	Continuous value [kg/m <sup>2</sup> ]	1.01	1.01, 1.02	0.021*
	Availability of work	Employed ref. Unemployed	1.14	1.09, 1.19	<0.001***
	Annual household income	More than 6 million yen ref. less than 6 million yen	1.00	0.96, 1.04	0.879
	Number of people living together	Continuous value [-]	0.99	0.98, 1.01	0.359
	Amount of clothing worn	Continuous value [clo]	1.09	1.03, 1.16	0.005**
	Exercise habits	Yes ref. No	1.03	0.99, 1.07	0.152
	Body pain	Slight or more than moderate pain ref. No	1.03	1.01, 1.04	<0.001***
	Major heating systems	Floor radiation heating ref. Convection heating	0.96	0.92, 0.99	0.024*

Valid sample: 336 [people], 2,769 [people × day] AICC: 8,980.875

Offset term: Stay-at-home time

Table 9 Relationship between indoor thermal environment and sedentary behavior time (convection heating)

Objective variable: Time for sedentary behavior at home [min/day]					
Level	Explanatory variable		Exp( $\theta$ )	95%CI	<i>p</i>
Day level	Living room temperature 1 m above the floor	Continuous value [°C]	0.99	0.97, 1.01	0.303
	Temperature difference between living room and bedroom	Continuous value [°C]	1.01	0.99, 1.03	0.345
Individual level	Living room temperature 1 m above the floor	Continuous value [°C]	1.02	1.00, 1.03	0.051 †
	Temperature difference between living room and bedroom	Continuous value [°C]	1.01	0.99, 1.02	0.543

Valid sample: 188 [people], 1,516 [people × day] AICC: 1,903.304

Control variable: Whether it is a holiday, Whether you go out, Age, Sex, BMI, Availability of work, Annual household income, Number of people living together, Amount of clothing worn, Exercise habits, Body pain

Offset term: Stay-at-home time

日レベルのオフセット項に投入した。説明変数には座位行動に影響は 1.14 倍、着衣量が 1 [clo]多い者は 1.09 倍、身体の痛みがない者

Table 10 Relationship between indoor thermal environment and sedentary behavior time (floor heating)

Objective variable: Time for sedentary behavior at home [min/day]					
Level	Explanatory variable		Exp( $\theta$ )	95%CI	<i>p</i>
Day level	Living room temperature 1 m above the floor	Continuous value [°C]	0.99	0.97, 1.01	0.364
	Temperature difference between living room and dressing room	Continuous value [°C]	1.04	1.02, 1.06	0.001**
Individual level	Living room temperature 1 m above the floor	Continuous value [°C]	1.00	0.98, 1.02	0.982
	Temperature difference between living room and dressing room	Continuous value [°C]	0.99	0.98, 1.01	0.515

Valid sample: 148 [people], 1,253 [people × day] AICC: 1,559.004

Control variable: Whether it is a holiday, Whether you go out, Age, Sex, BMI, Availability of work, Annual household income, Number of people living together, Amount of clothing worn, Exercise habits, Body pain

Offset term: Stay-at-home time

に比べ軽度以上ある者は 1.03 倍、在宅時の座位行動時間が有意に長いことが示された。これらの個人属性を考慮した上で、主な暖房方式としてエアコンを用いている者に比べ床暖房を用いている者は 0.96 倍在宅時の座位行動時間が有意に短いことが示された。これは主な暖房方式によって生じる住宅内温熱環境を考慮しない条件下において、エアコンに比べ床暖房を用いる方が身体活動の面で望ましい住環境であることを示唆している。

続いて、Table 5 より主な暖房方式によって住宅内温熱環境が異なることから、主な暖房方式毎に住宅内温熱環境と座位行動時間との関連を検討した。主な暖房方式毎に Table 8 の説明変数に加え住宅内温熱環境要素として日レベル・個人レベルのそれぞれに在宅時居間床上 1m 平均室温及び在宅時居間・脱衣所室温温度差を投入した。エアコン群の結果を Table 9 に、床暖房群の結果を Table 10 に示す。その結果、エアコン群では住宅内温熱環境と在宅時の座位行動時間の有意な関係は確認されなかった。一方、床暖房群では日毎の居間・脱衣所室温温度差が 1°C 大きい日は 1.04 倍在宅時の座位行動時間が有意に長いことが示された。

Table 8 の結果は主な暖房方式によって居住者の座位行動時間に有意な差が確認されるというものであり、環境要因が座位行動の抑制に影響を及ぼす可能性が示唆される。エアコンと床暖房の主な差異として、居間床近傍室温の違いが挙げられる。高齢者を対象にした既往研究<sup>22, 23</sup>では、温暖な環境に比べ寒冷な環境に暴露された者は下肢筋力が弱く、立ち上がり速度・歩行速度が遅いことや握力が弱いことが報告されている。これらの既往研究では室温測定点が明記されておらず、床近傍室温と下肢筋力等の関係は明らかにされていない。しかし、床暖房の利用が足元近傍の温暖な環境を作りだし、筋力の低下を抑制することで座位行動時間の減少並びに身体活動の増加に繋がる可能性が考えられる。また、主な暖房方式の違いによる在宅時座位行動時間をエアコン群の平均値に基づいて差分を試算すると、8.4 分/日（エアコン群：210.2 分/日、床暖房群：201.8 分/日）である。

続いて、Table 10 について床暖房群において室温温度差が大きい日は座位行動時間が増加するというものである。これは既往研究<sup>16)</sup>の知見と整合する結果であり、住宅内の温度差が身体活動を阻害する要因となっている可能性<sup>24)</sup>が推測される。また、エアコン群ではなく床暖房群でこの結果が導かれた原因として、主に床暖房を用いている住宅は居間の上下温度差が小さく、居住者にとって温熱快適性の高い環境であることが推測される。既往研究<sup>25)</sup>では温度水準が低い住宅の居住者は居間で過ごす時間が増加することが報告されている。本研究においても居間に比べ脱衣所が寒冷である場合は快適な居間に留まってしまい、結果的に座位行動時間が長くなっていくことが推測される。また、室温温度差による在宅時座位行動時間を床暖房群の平均室温温度差に基づいて計算する。平均 4.3°C の室温温度差が 1°C 小さくなった際の試算値は 8.0 分/日（室温温度差 4.3°C：207.1 分/日、室温温度差 3.3°C：199.1 分/日）である。

### 3.2.3. 暖房の積極利用に伴う住環境と座位行動時間の変化の関係

介入調査では暖房の積極利用を対象者に依頼した。介入研究にお

いては、暖房の積極利用に伴う住宅内温熱環境の変化とそれによる居住者の座位行動への影響の検討を行う。変数は対象者毎に前後 1 週間の平均の値を用い、介入による効果の検証として目的変数に後半 1 週間の在宅時座位行動時間割合を、オフセット項に前半 1 週間の在宅時座位行動時間割合を投入する。また、在宅時座位行動時間割合は在宅時間の長さの影響を考慮する為に座位行動時間を在宅時間で除したものであり、単位は無次元かつ 0~1 の範囲の値を取る。目的変数の分布が凡そ正規分布に従うことから重回帰分析を行う。調整変数に年齢、性別、BMI、就労の有無、世帯年収、同居人数、在宅時の着衣量、運動習慣、身体の痛みの有無を投入した。主な暖房方式毎に暖房の積極利用の効果を検証するために、介入を行わずに 2 週間の通常利用を依頼した横断調査サンプルを非介入群として用いた。また、暖房方式毎の温熱環境の変化に関する変数として、居間床上 1m 室温変化及び居間・脱衣所室温温度差変化を投入した。エアコン群の結果を Table 11 に、床暖房群の結果を Table 12 に示す。

Table 11、Table 12 より、エアコン及び床暖房の積極利用を行うことによる在宅時座位行動時間割合の有意な変化は確認されなかった。これらは暖房の積極利用に伴い住宅内温熱環境が変化することを想定していたが、外気温の大幅な変化により介入群・非介入群共に温熱環境の変化が一樣ではなかった。幅広い室温変化帯が存在した為、暖房の積極利用による在宅時座位行動時間割合の変化に有意な影響を及ぼさなかった可能性が想定される。一方、住宅内温熱環境変化の変数ではエアコン群において居間床上 1m 室温 1°C 上昇することによって、在宅時座位行動時間割合が 0.017 有意に増加することが示された。エアコン群の対象者の平均在宅時座位行動時間割合が 0.417 であり、在宅時座位行動時間の平均が 199.7 分/日であった。このことから居間床上 1m 室温の 1°C 上昇による効果は在宅時座位行動時間割合の 4.1% 増加に相当し、在宅時座位行動時間の 8.2 分/日の増加に相当する。同様に床暖房群において居間・脱衣所室温温度差 1°C の拡大によって、在宅時座位行動時間割合が 0.018 有意に増加することが示された。床暖房群の対象者の平均在宅時座位行動時間割合が 0.400 であり、在宅時座位行動時間の平均が 193.8 分/日であった。このことから居間・脱衣所室温温度差 1°C の拡大による効果は在宅時座位行動時間割合の 4.5% 増加に相当し、在宅時座位行動時間の 8.7 分/日の増加に相当する。

これらは居間の室温のみが上昇し、温暖で快適な空間に変化した場合に居住者が快適な居間に長時間の滞在してしまうことが考えられる。このような長時間の座りっぱなしにより在宅時の座位行動時間が増加してしまう可能性を示唆している。

## 4. まとめ

本論では全国の断熱性能が H11 年基準以上の住宅を対象に質問紙調査及び住宅内温熱環境と身体活動の実測調査を行い、統計解析により主な暖房方式・住宅内温熱環境と在宅時座位行動の関連を検討した。主な結果は以下のとおりである。

- 1) 主な暖房方式がエアコンである住宅は、床暖房である住宅に比べ、居間の床近傍室温が有意に低く、居間上下温度差及び居間・脱衣所室間温度差が有意に大きい環境であった。一方、居間床上 1m 室温に有意な差は確認されなかった。
- 2) 主な暖房方式が床暖房である居住者は、エアコンである居住者に比べ、在宅時座位行動時間が 0.96 倍有意に短いことが確認された。これは 8.4 分/日の差に相当する。
- 3) 主な暖房方式が床暖房の居住者は、居間・脱衣所室間温度差が 1°C 小さい日は在宅時座位行動時間が 0.96 倍有意に短いことが確認された。これは平均室間温度差である 4.3°C と、それより 1°C 小さい 3.3°C の間では 8.0 分/日の差に相当する
- 4) 主な暖房方式としてエアコンを使用している居住者では居間床上 1m 室温が 1°C 上昇した場合、在宅時座位行動時間割合が 4.1% 増加することが確認された。これは在宅時座位行動時間の 8.2 分/日の増加に相当する。
- 5) 主な暖房方式として床暖房を使用している居住者では居間・脱衣所室間温度差が 1°C 上昇した場合、在宅時座位行動時間割合が 4.5% 増加することが確認された。これは在宅時座位行動時間の 8.7 分/日の増加に相当する。

が居住者の座位行動に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、本研究では活動量計を用いた実測調査である強みを活かし、座位行動時間の増加・減少時間を試算することで具体的に言及した。冬季において居間のみが暖かい状態を避け住宅全体の温度差を小さくすることで、居住者の在宅時の座り過ぎを抑制する必要がある。身体活動促進及び座位行動の抑制に寄与する適切な環境作り指針の一助に繋げることを目標とする。

本調査は暖房の積極利用を居住者の主観に委ねて依頼する方式を取ったことや、測定期間の外気温が大幅に異なっていたことから住宅内温熱環境の変化の方向やその大きさにばらつきが見られた。その為、暖房の積極利用により住宅内温熱環境が十分に改善されたサンプルを十分に確保できず、温熱環境変化に対して総合的な傾向を統計分析によって導くに留まった。今後は十分に温熱環境が改善されたサンプルを拡充することでより詳細な環境要因と座位行動の関係を検討する必要がある。

#### 謝辞

本研究の実施に際し多大なご支援を頂いた（一社）日本ガス協会、積水ハウス㈱の皆様、調査にご協力いただいた皆様に心より謝意を表す。尚、本研究は（一社）日本ガス協会と積水ハウス㈱との共同研究「暖房方式・住宅の断熱性能が健康へ与える影響に関する測定調査（研究代表者：伊香賀俊治）」および JSPS 科研費 JP17H06151 の助成を受け実施したものである

Table 11 Effects of changes in indoor thermal environment due to the active use of convection heating on sedentary behavior time

Objective variable: Percentage of sedentary behavior time at home during the second half of the week				
Explanatory variable		$\beta$	95%CI	$p$
Intervention method	Active use of convection heating ref. usual use of convection heating	0.000	-0.045,0.046	0.987
Change in room temperature	Change in living room temperature 1 m above the floor [°C]	0.017	0.006,0.027	0.002**
	Change in temperature difference between living room and dressing room [°C]	0.015	-0.002,0.032	0.092 †

Valid sample: 169 [people], Log-likelihood: 129.262

Control variable: Age, Sex, BMI, Availability of work, Annual household income, Number of people living together, Amount of clothing worn, Exercise habits, Body pain

Offset term: Percentage of sedentary behavior time at home during the first half of the week

これらの結果より一定以上の断熱性能下において住宅内温熱環境 [参考文献](#)

Table 12 Effects of changes in indoor thermal environment due to the active use of floor heating on sedentary behavior time

Objective variable: Percentage of sedentary behavior time at home during the second half of the week				
Explanatory variable		$\beta$	95%CI	$p$
Intervention method	Active use of floor heating ref. usual use of floor heating	-0.006	-0.049,0.037	0.774
Change in room temperature	Change in living room temperature 1 m above the floor [°C]	-0.007	-0.020,0.007	0.327
	Change in temperature difference between living room and dressing room [°C]	0.018	0.001,0.035	0.033*

Valid sample: 133 [people], Log-likelihood: 134.741

Control variable: Age, Sex, BMI, Availability of work, Annual household income, Number of people living together, Amount of clothing worn, Exercise habits, Body pain

Offset term: Percentage of sedentary behavior time at home during the first half of the week

- 1) Ministry of Health, Labor and Welfare, Japan: demographic statistics in the first year of the Reiwa, Table 6, 2019.9 (online)  
<[https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10\\_h6.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10_h6.pdf)> (accessed 2021.08.19)  
厚生労働省：令和元年人口動態統計,第6表,2019.9(オンライン)  
<[https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10\\_h6.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei19/dl/10_h6.pdf)> (2021.8.19 参照)
- 2) U.S. Department of Health and Human Services: Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General, International Medical Publishing, 1996 (online)  
<<https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/sgrfull.pdf>> (accessed 2021.08.19)
- 3) Sato Y., Watanabe T., Yamanouchi K., Kajita M.: Exercise, sports and lifestyle-related diseases, *Clinical Sports Medicine*, Vol. 16, No. 6, pp. 633-638, 1999.6 (in Japanese)  
佐藤祐造,渡辺俊彦,山之内国夫,梶田美和子：運動、スポーツと生活習慣病,臨床スポーツ医学,16巻6号,pp633-638,1999.6
- 4) Ministry of Health, Labor and Welfare: Health Japan 21 (2nd) Basic Policy for the Comprehensive Promotion of the Health of the People, pp11-12,2012.7 (online)  
<<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002eyv5.html>> (accessed 2021.08.19)  
厚生労働省：健康日本 21 (第二次) 国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針,pp11-12,2012.7,(オンライン)  
<<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002eyv5.html>> (2021.8.19 参照)
- 5) Ministry of Health, Labor and Welfare: Physical Activity Standards for Health Promotion 2013, 2013.3 (online)  
<<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.att/2r9852000002xpqt.pdf>> (accessed 2021.08.19)  
厚生労働省：健康づくりのための身体活動基準 2013,2013.3 (オンライン)  
<<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.att/2r9852000002xpqt.pdf>> (2021.8.19 参照)
- 6) Ministry of Health, Labor and Welfare: Summary of the results of the National Health and Nutrition Survey in 2019, pp. 25-26, 2020.10 (online)  
<<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf>> (accessed 2021.08.19)  
厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査結果の概要,pp.25-26,2020.10  
<<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf>> (2021.8.19 参照)
- 7) Geoffrey H. Tison, Robert Avram, Peter Kuhar, Sean Abreau, Greg M. Marcus, Mark J. Pletcher, Jeffrey E. Olgin: Worldwide Effect of COVID-19 on Physical Activity: A Descriptive Study, *Annals of Internal Medicine*, Vol 173, No.9.3, 2020.11
- 8) Tucker P, Gilliland J. The effect of season and weather on physical activity: A systematic review. *Public Health*. 2007;121 : 909-922
- 9) Ministry of Health, Labor and Welfare, Pioneering Health Activity Exchange Promotion Project: Actual Process and Assessment in Population Approach - Towards Effective Population Approach - Report, 2019.3 (online)  
<[https://www.nurse.or.jp/home/publication/pdf/senkuteki/2018/population\\_approach.pdf](https://www.nurse.or.jp/home/publication/pdf/senkuteki/2018/population_approach.pdf)> (accessed 2021.08.19)  
厚生労働省,先駆的保健活動交流推進事業：ポピュレーションアプローチにおけるプロセスとアセスメントの実際～効果的なポピュレーションアプローチに向けて～報告書,2019.3 (オンライン)  
<[https://www.nurse.or.jp/home/publication/pdf/senkuteki/2018/population\\_approach.pdf](https://www.nurse.or.jp/home/publication/pdf/senkuteki/2018/population_approach.pdf)> (2021.8.19 参照)
- 10) Kuno S., Tanabe K., Yoshizawa Y.: The significance of exercise for the prevention of lifestyle-related diseases and the importance of environmental measures to make it feasible, *Journal of the Biomechanical Society of Japan*, Vol 35, No.2,2011 (in Japanese)  
久野謙也,田辺解,吉澤裕也：生活習慣病予防のための運動の意義とそれ
- を実行可能にする環境対策の重要性,バイオメカニズム学会誌, Vol 35, No.2,2011
- 11) Ester Cerin, Terry L. Conway, Marc A. Adams, Anthony Barnett, Kelli L. Cain, Neville Owen, Lars B. Christiansen, Delfien van Dyck, Josef Mitas, Olga L. Sarmiento, Rachel C. Davey, Rodrigo Reis, Deborah Salvo, Grant Schofield, James F. Sallis: Objectively-assessed neighborhood destination accessibility and physical activity in adults from 10 countries: An analysis of moderators and perceptions as mediators, *Social Science & Medicine*, Volume 211, pp.282-293, 2018.8  
(DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.06.034>)
- 12) Wendel W., Droomers M., Kremers S., Brug J., Van Lenthe F.: Potential environmental determinants of physical activity in adults: a systematic review. *Obesity reviews* 8, pp.425-440, 2007.9  
(DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00370.x>)
- 13) Inoue S., Murase N., Shimomitsu T., Ohya Y., Odagiri Y., Takamiya T., Ishii K., Katsumura T., James F. Sallis: Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese adults. *Pre Med* 48, pp. 321-325, 2009.4  
(DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yjmed.2009.01.014>)
- 14) Yanagisawa M., Ikaga T., Ando S., Hino K., Hoshi T.: Effect of Thermal Environment and Thermal Insulation Performance of Houses on Physical Activity, *Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)*, Vol.80, No.716, pp.985-992, 2015.10 (in Japanese)  
柳澤恵,伊香賀俊治,安藤真太郎,樋野公宏,星旦二：住宅の温熱環境及び断熱性能による身体活動への影響,日本建築学会環境系論文集,第80巻,第716号,pp.985-992,2015.10  
(DOI : <https://doi.org/10.3130/aije.80.985>)  
<[https://www.jstage.jst.go.jp/article/ree/advpub/0/advpub\\_2013/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ree/advpub/0/advpub_2013/_pdf-char/ja)> (2021.8.24 参照)
- 15) Housing Environment Research Institute Co.: Confirmation that the amount of physical activity of elderly people is higher in an indoor environment with less temperature difference, 2013.8 (online)  
<[http://www.jkk-info.jp/files/topics/42\\_ext\\_05\\_0.pdf](http://www.jkk-info.jp/files/topics/42_ext_05_0.pdf)> (accessed 2021.08.24)  
株式会社住環境研究所：温度差の少ない室内環境で高齢者の身体活動量が多いことを確認,2013.8(オンライン)  
<[http://www.jkk-info.jp/files/topics/42\\_ext\\_05\\_0.pdf](http://www.jkk-info.jp/files/topics/42_ext_05_0.pdf)> (2021.8.24 参照)
- 16) Ito M., Ikaga T., Oguma Y., Saito Y., Fujino Y., Ando S., Murakami S.: Smart Wellness Housing Research Group: Heating use, sedentary behavior, and physical activity in winter housing among adults: A cross-sectional study using the Smart Wellness Housing Survey, *Exercise Epidemiology Research*,2021; 23(1): 45-56,2020.12  
伊藤真紀,伊香賀俊治,小熊祐子,齋藤義信,藤野善久,安藤真太郎,村上周三,スマートウェルネス住宅調査グループ：成人における冬季の住宅内の暖房使用と座位行動および身体活動：スマートウェルネス住宅調査による横断研究,運動疫学研究,2021; 23(1): 45-56,2020.12  
(DOI: <https://doi.org/10.24804/ree.2013>)
- 17) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: 55th Residential Land Sub-Committee, Basic Plan for Housing and Living, 2021.2 (online)  
< <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389204.pdf> > (accessed 2021.08.24)  
国土交通省：第55回住宅地分科会,住生活基本計画,2021.2(オンライン)  
<<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389204.pdf>> (2021.8.24 参照)
- 18) World Health Organization : WHO GUIDELINES ON PHYSICAL ACTIVITY AND SEDENTARY BEHAVIOUR,2020 (online)  
<<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/337001/9789240>

014886-eng.pdf> (accessed 2021.08.24)

ンパラメトリック検定を用いた。

- 19) Honda T., Chen S., Kishimoto H., Narazaki K., Kumagai S. : Identifying associations between sedentary time and cardio-metabolic risk factors in working adults using objective and subjective measures: a cross-sectional analysis, BMC Public Health, 19;14:1307, 2014 12  
(DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1307>)
- 20) Genevieve N. Healy, Elisabeth A.H. Winkler, Charlotte L. Brakenridge, Marina M. Reeves, Elizabeth G. Eakin: Accelerometer-derived sedentary and physical activity time in overweight/obese adults with type 2 diabetes: cross-sectional associations with cardiometabolic biomarkers, PLoS One, 2015 Mar 16;10(3):e0119140, 2015.3  
(DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119140>)
- 21) Alicia A Thorp, Genevieve N Healy, Elisabeth Winkler, Bronwyn K Clark, Paul A Gardiner, Neville Owen & David W Dunstan : Prolonged sedentary time and physical activity in workplace and non-work contexts: a cross sectional study of office, customer service and call centre employees. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity volume 9, Article number: 128 (2012), 2012.10
- 22) Kubo T.: Introduction to Statistical Modeling for Data Analysis, Iwanami Shoten, 2012 (in Japanese)  
久保拓弥, データ解析のための統計モデリング入門, 岩波書店, 2012
- 23) Ulrich Lindemann, Juha Oksa, Dawn A. Skelton, Nina Beyer, Jochen Klenk, Julia Zscheile, Clemens Becker: Effect of cold indoor environment on physical performance of older women living in the community, Volume 43, Issue 4, July 2014, Pages 571–575, 2014.3  
(DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afu057>)
- 23) Shiue I. : Cold homes are associated with poor biomarkers and less blood pressure check-up: English Longitudinal Study of Ageing, 2012-2013, Environmental Science and Pollution Research volume 23, pages7055–7059 (2016)
- 24) Sato K. : Thermal environment and living activity, living space of the residential house, Study on the planning of detached houses in Hokkaido part 1, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), 455: 57-65. 1994.1 (in Japanese)  
佐藤勝泰:住宅の温度環境と生活行動・生活範囲, 北海道の戸建住宅計画に関する研究(1), 日本建築学会計画系論文集, 1994:455: 57-65.1994.1  
(DOI: [https://doi.org/10.3130/aija.59.57\\_1](https://doi.org/10.3130/aija.59.57_1))
- 25) Sato K. : Thermal environment and living time, living goods of the residential house, Study on the planning of detached houses in Hokkaido part 2, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), 462: 79-84. 1994.8 (in Japanese)  
佐藤勝泰, 住宅の温度環境と生活時間・生活用具, 北海道の戸建住宅計画に関する研究(2), 日本建築学会環境系論文集, 1994:462:79-84.1994.8  
(DOI: [https://doi.org/10.3130/aija.59.79\\_3](https://doi.org/10.3130/aija.59.79_3))

## 注

- 注 1) 安静にしている状態より多くのエネルギーを消費するすべての動きのこと。日常生活における労働・家事・通勤などの生活活動及びスポーツなどの計画的・意図的に実施する運動を総合したもの。身体活動量(単位: Ex)は身体活動の強度(単位: METs)×時間(単位: h)の合計。
- 注 2) 集団全体に対して健康になれる取り組みを行い、全体として健康リスク要因を低減させること。
- 注 3) 国が定めた断熱性能基準に満たない既存住宅を対象。
- 注 4) 活動量計が判別する活動強度 1.5METs 以下の身体活動を行っている時間。主に座って行うことのできる活動がこの活動強度に当たる。
- 注 5) 何秒単位でデータを集計するかの指標。
- 注 6) \*\*\*:p<0.001, \*\*:p<0.010, \*:p<0.050, †:p<0.100, n.s.: not significant
- 注 7) 平均値±標準偏差。以下同様
- 注 8) 身体活動に関する指標は一般にガンマ分布を取るとされている為、ノ

EFFECT OF INDOOR HEATING SYSTEM AND THERMAL ENVIRONMENT  
ON SEDENTARY BEHAVIOR IN WINTER

*Katsuhiro MYONAI*<sup>\*1</sup>, *Toshiharu IKAGA*<sup>\*2</sup>, *Maki ITO*<sup>\*3</sup>  
*and Hiroshi KOJIMA*<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> Grad. Student, Grad. School of Science and Technology, Keio Univ., B.Eng.

<sup>\*2</sup> Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr.Eng.

<sup>\*3</sup> Sekisui House, Ltd, M.Eng.

<sup>\*4</sup> Co-researcher, Keio Univ., Dr.Eng.

In recent years, the number of patients with lifestyle-related diseases in Japan has been increasing, and a response is urgently needed. The health benefits of physical activity are well established, but efforts to promote physical activity have so far been inadequate. To promote physical activity in the entire population, it is necessary to consider environmental factors (population approach). Therefore, we focused on the residential environment where people spend much of their time and conducted a survey in winter, when the amount of activity tends to decrease. This study focused on houses with adequate insulation performance, which is expected to become more commonplace in the future. The survey was conducted over 2 years and comprised two parts: one survey asked participants to use heating normally for 2 weeks, and the other asked participants to use heating normally during the first week of the survey and to actively use heating during the second week of the survey. We performed actual measurements of temperature, humidity, and physical activity and conducted a questionnaire survey of personal attributes and living style for all 401 participants. We carried out an intervention to reduce sedentary behavior across generations and analyzed the activity time under 1.5 metabolic equivalent of task units, as determined by activity meters.

The room temperature near the living room floor was significantly lower in houses where the main heating system was convection heating (air conditioning) compared with houses where the main heating system was floor heating (floor heating). Similarly, the temperature difference between the living room and dressing room in air-conditioned houses was significantly higher than in floor heating homes. However, there was no significant difference in the room temperature 1 m above the living room floor between the two heating approaches.

The results of the multilevel analysis revealed that the floor heating group engaged in significantly less (0.96 times) sedentary behavior time at home compared with the air conditioning group, which is equivalent to a difference of 8.4 min/day. On days when the temperature difference between the living room and dressing room was 1°C smaller, the sedentary behavior time at home was also significantly shorter (0.96 times) for participants in the floor heating group, which is equivalent to a difference of 8.0 min/day between the average room temperature difference of 4.3°C and 3.3°C (-1°C).

The results of the intervention analysis revealed that the percentage of sedentary behavior time at home increased by 4.1% in the air conditioning group when the room temperature at 1.1 m above the living room floor increased by 1°C due to the active use of heating. This is equivalent to an increase of 8.2 min/day of sedentary time at home. Also, it was confirmed that the percentage of sedentary behavior time at home increased by 4.5% in the floor heating group when the temperature difference between the living room and dressing room increased by 1°C due to the active use of heating, which is equivalent to an increase of 8.7 min/day of sedentary time at home.

These results suggest that it may be possible to prevent people from sitting too much at home by the state where only the living room is warm and reducing the difference in temperature among rooms in winter.

(2021年10月9日原稿受理, 2022年3月16日採用決定)