

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	実測調査に基づく冬季の住宅内温熱環境と身体活動量に関するマルチレベル分析
Title(English)	The Multi-Level Analysis of Relationships between Indoor Thermal Environment and Physical Activity from Field Survey in Winter
著者(和文)	伊藤 真紀, 伊香賀 俊治, 安藤真太郎, 大橋 知佳, 海塩 涉
Authors(English)	Maki Ito, Toshiharu Ikaga, Shintaro Ando, Chika Ohashi, Wataru Umishio
出典(和文)	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 第6巻, pp. 241-244
Citation(English)	Technical papers of annual meeting, the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 第6巻, pp. 241-244
発行日 / Pub. date	2015, 9

実測調査に基づく冬季の住宅内温熱環境と身体活動量に関するマルチレベル分析

The Multi-Level Analysis of Relationships between Indoor Thermal Environment and Physical Activity from Field Survey in Winter

正会員 ○伊藤 真紀 (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 安藤 真太朗 (北九州市立大学) 学生会員 大橋 知佳 (慶應義塾大学)
 正会員 海塩 渉 (鹿島建設、当時慶應義塾大学)

Maki ITO*¹ Toshiharu IKAGA*¹ Shintaro ANDO*² Chika OHASHI*¹ Wataru UMISHIO*³

*¹ Keio University *² The University of Kitakyushu *³ Kajima Corporation

This study aimed to examine the relationships between physical activity and indoor temperature from field survey in winter. As a result of the multi-level analysis, following conclusions are indicated. First, the higher average temperature of living room or bedroom is, the more walking physical activity inhabitants perform. Second, the higher average temperature of lavatory is, the more lifestyle physical activity inhabitants perform.

1. はじめに

身体活動量の増加は、生活習慣病の予防のみならず、高齢者の認知機能や運動器機能等の社会生活機能の低下予防にも寄与し、近年、社会環境の整備による取り組みが注目されている^{文1)}。身体活動に関する環境要因として、地域環境に関する研究^{文2)}は多くなされているが、有職者や学生を除けば1日の3分の2以上を自宅で過ごす者が多い^{文3)}ことを鑑みると、住宅内環境と身体活動の関係を検証する意義は大きい。また、身体活動量は冬季に減少する傾向にある^{文4)}ことから、本研究では、冬季の住宅内温熱環境が身体活動量に及ぼす影響について、実測調査に基づき検証することを目的とする。

2. 本研究の概要

身体活動に影響を及ぼす住宅内環境要因を検討した研究では、柳澤ら^{文5)}が重回帰分析を適用し、非居室である脱衣所の室温と身体活動量に関連が見られることを示している。しかし、身体活動量の実測調査は同一対象者に対する複数日の測定を行う場合が多く、同一対象者から得られたデータには相関が生じている可能性がある。このようなデータをそのまま用いて、重回帰分析を行う場合には、統計解析の前提となる「サンプルの独立性」を満たさないという問題が生じる。そのため、例えば対象者毎の集約値を用いて重回帰分析を行う、群毎に差の検定を行う等の方法を適用する場合もある。しかしながら、これらの方法ではデータの情報量を大きく損失してしまう他、日毎の情報を活用できず、その変動・変化を検討することができない、更に誤った傾向を導いてしまう可能性がある等の課題があった。

本調査においても、同一対象者に対する複数日の測定を実施した。得られたデータは、対象者毎に日毎のデータが存在する階層構造をもつことから、先述の課題に対応できる統計解析手法として「マルチレベル分析^{註1)}」を適用する。この手法を適用することで、身体活動に対する影響を対象者毎と対象者内(日毎)の要因に区別し、その大きさについて適切に検討することが可能となる。

3. 調査方法

本調査は、山梨県上野原市内の戸建住宅地在住の居住者30名(30世帯)を対象に、温湿度および身体活動量に関する実測調査と個人属性や住宅属性等に関する質問紙調査を実施した。調査概要を表1、2に示す。

(1) 実測調査(表1)

2014年2月に、身体活動量および住宅内温熱環境の測定を対象者に依頼した。測定期間は2週間である。身体活動量の測定には、3軸加速度計を内蔵した活動量計(以下、活動量計)を用い、原則として、睡眠時と入浴時以外、終日腰部に装着するよう依頼した。住宅内温熱環

表1 実測調査概要

調査対象	山梨県上野原市在住の成人	
実施期間	2014年2月3日～16日(14日間)	
サンプル調査方法	配布30名(30世帯)、有効30名 活動量計の装着(睡眠、入浴時以外)	居間、寝室、脱衣所、トイレ、屋外 [※] への温湿度計・温度計の設置
調査内容	活動量、活動強度別活動時間、歩数等	温湿度(居間、寝室) 温度(脱衣所、トイレ、屋外)
測定機器	活動量計: Active style Pro HJA-750C (オムロンヘルスケア)	温湿度: TR-72U 温度: TR-51i (T&D社/10分間隔)

※の項目は、調査対象地の代表点に設置

境測定には、温湿度(一部、温度)データロガーを用いた。居間、寝室、脱衣所、トイレの床上1m程度の高さに設置するよう指示し、空気温度を連続測定した。外気温は、調査対象地の代表点(4地点)において測定を行い、対象者毎に最寄りの測定点のデータを割り当てた。温度データは異常値^{注2)}を削除し、日毎の平均温度を算出した。

(2) 質問紙調査(表2)

実測調査と同時期に、実測調査対象者を含む自治会加盟全世帯を対象に質問紙調査を実施した。住宅属性、個人属性の他、住宅・地域の評価、健康、生活習慣等の項目について問うた。本報では、実測調査対象者のデータのみを用いて分析を行う。

4. 分析結果

4.1 対象者の属性と住宅属性(表3、4)

分析においては、活動量計の装着時間が10時間/日以上の日を身体活動量を有効データとし、有効データが3日以上ある者(23名)を解析対象とした。解析対象者の属性および住宅の属性を表3、4に示す。解析対象者は男性15名、女性8名で、65歳未満が15名、65歳以上が8名であった。BMIは1名を除き、普通体重(18.5~25.0)であった。築15年以上の住宅が全体の4分の3以上を占め、住宅の断熱性能の目安となる窓性能については、1枚ガラスが47.8%、アルミサッシが8割以上であり、断熱性能の低い住宅が多い傾向にあった。

(1) 対象者の身体活動量(図1)

解析対象者(23名)毎の平均身体活動量を図1に示す。平均歩行活動量は2.69[Ex/日]、平均生活活動量^{注3)}は2.30[Ex/日]であった。

(2) 実測対象住宅の断熱性能と温熱環境の関係(図2)

実測調査対象住宅(30世帯)のうち、温湿度の測定値およびアンケートの窓ガラス枚数に関する項目に欠損がない住宅について、測定期間中の各室の平均室温を比較した。尚、期間中の平均外気温は2.3℃であった。統計解析ソフトはSPSS Statistics 22を用い、統計学的有意水準は5%未満とした。

結果を図2に示す。寝室、脱衣所、トイレで有意差が認められ、2枚ガラスの住宅において、室温が高いことが示された。一方、居間は有意差が認められなかった。居間は暖房を行うため、断熱性能による差異が生じにくかったものと推察される。

4.2 冬季の身体活動量と住宅内温熱環境の関係

(1) 統計解析

住宅内の温熱環境と身体活動量の間を、データの階層性を考慮し検証するため、マルチレベル分析を実施した。従属変数は日毎の平均身体活動量とし、独立変数は各室の日毎の平均室温とし、交絡因子の影響を考慮するため、アンケートから得られた個人属性および平均外気温を投入した。本調査のデータは対象者毎の複数日の測

表2 質問紙調査概要

調査対象	山梨県上野原市在住の成人(自治会加盟全世帯)
実施期間	2014年1月26日~2月11日
サンプル	配布1,308世帯、回収722世帯(1,300名) (うち、実測調査対象者:配布30名、有効30名)
調査方法	自治会による託送調査法
調査内容	住宅属性(築年数、窓ガラス枚数、窓サッシ種類等) 個人属性(年齢、性別、身長、体重、職業等) その他(住宅・地域の評価、健康、生活習慣等)

表3 実測調査対象者(解析対象23名)の属性

	全体(n=23)		男性(n=15)		女性(n=8)		
	n	%	n	%	n	%	
年齢	65歳未満	15	65.2	9	60.0	6	75.0
	65歳以上	8	34.8	6	40.0	2	25.0
職業	有職	15	65.2	10	66.7	5	62.5
	無職、専業主婦	8	34.8	5	33.3	3	37.5
BMI	18.5-25.0未満	20	87.0	14	93.3	6	75.0
	25.0以上	1	4.3	0	0.0	1	12.5
	無回答	2	8.7	1	6.7	1	12.5
移動手段	徒歩・自転車・公共交通	11	47.8	9	60.0	2	25.0
	自動車・バイク・タクシー	12	52.2	6	40.0	6	75.0

表4 実測調査対象住宅(解析対象23名)の属性

	全体(n=23)		
	n	%	
窓ガラス枚数	1枚ガラス	11	47.8
	2枚ガラス	9	39.1
	無回答	3	13.0
窓サッシ種類	アルミサッシ	19	82.6
	断熱サッシ	3	13.0
	無回答	1	4.3
築年数	15年未満	5	21.7
	15年以上	18	78.3

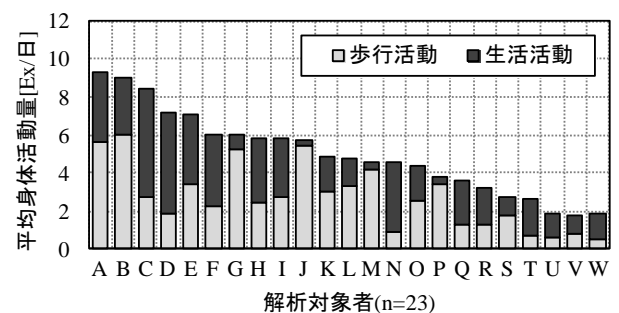


図1 解析対象者毎の平均身体活動量

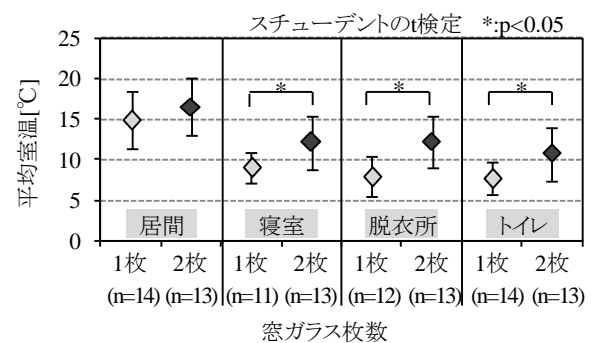


図2 窓ガラス枚数別の平均室温

定から得られたものであるため、日レベルのデータ (Level-1) が個人レベル (Level-2) にネストする二重構造を想定した。分析の手順は、①独立変数の選定、②ヌルモデルによるデータの階層性の確認、③モデルの検討とした。尚、身体活動量は体型によって左右されることから、普通体重のみを解析対象とした。手順②③においては統計解析ソフトにHLM7を用いた。

(2) 従属変数と独立変数の関連の検証 (表5)

マルチレベル分析における独立変数を選定するため、従属変数と独立変数との相関を確認した。結果を表5に示す。全ての変数について、歩行活動量、生活活動量のいずれかと相関関係が確認された。よって、歩行活動量のマルチレベル分析では、外気温を除く変数を独立変数とした。生活活動量については平均室温との間に相関関係が見られないが、既往研究⁵⁾より室温が身体活動量に影響を及ぼすことが示唆されていることから、年齢、職業を除く変数を独立変数として選定した。次に、独立変数同士の相関分析を実施した結果、年齢と職業でやや強い相関 ($|r|=0.86$) が見られたため、これらは同時にモデルに投入しないよう配慮した。

(3) ヌルモデルによるデータの階層性検証 (表6, 7)

従属変数のみを含み、切片以外には独立変数を含まないヌルモデルを検討することにより、誤差を階層毎に分解し、それぞれの分散から級内相関⁵⁾を算出することができる。ただし、級内相関はサンプルサイズの影響を受けるため、これを考慮に入れた指標であるデザインエフェクト⁶⁾も算出し、データの階層性の検証を行った。

級内相関が概ね0.1より大きい場合、また、デザインエフェクトが2以上の場合に階層データとみなせ、マルチレベル分析を適用する意義が大きいとされる⁶⁾。表6, 7に歩行活動量、生活活動量のヌルモデルの結果を示す。どちらも級内相関は0.1を超え、デザインエフェクトも2を超えていることから、階層データとしてマルチレベル分析の適用が推奨されることが確認された。

(4) 歩行活動量のマルチレベル分析結果 (表8, 9)

個人属性の影響を調整した上で歩行活動量と有意な関連が見られたのは、平均居間室温 (個人レベル) と平均寝室室温 (日レベル) であった。表中に示す「推定値」のうち、固定効果の切片は測定期間中の全体平均室温における歩行活動量の平均値⁷⁾を示し、切片以外の固定効果は重回帰分析における偏回帰係数に対応する指標である。変数効果の推定値はそれぞれの分散を示す。尚、平均室温についてはセンタリング⁸⁾を行い、年齢、性別、職業、移動手段については、表5に示すダミー変数を用いた。

固定効果の推定値から、平均的な居間室温が1℃高い住宅では歩行活動量が0.17 [Ex/日] 多く、同じ対象者でも寝室室温が1℃高い日は0.084 [Ex/日] 増加すると

表5 身体活動量と独立変数の相関分析^{注4)}

独立変数		度数	歩行活動量	生活活動量
平均居間室温		210	.257**	.080
平均寝室室温		175	.305**	.003
平均脱衣所室温		193	.184*	.030
平均トイレ室温		210	.213**	.021
平均外気温		195	-.038	.224**
性別	0)男性	142	—	—
	1)女性	82	-.336**	.360**
年齢	0)65歳未満	147	—	—
	1)65歳以上	77	-.365**	-.007
職業	0)無職	81	—	—
	1)有職	143	.520**	-.003
移動手段	0)徒歩・自転車・公共交通	111	—	—
	1)自動車・バイク・タクシー	113	-.411**	.298**

†:p<0.20 *:p<0.05 **:p<0.01

表6 歩行活動量のヌルモデル

従属変数【歩行活動量】		推定値	標準誤差	有意水準
固定効果	切片	2.80	0.35	<0.001
変数効果	切片の分散	2.50		<0.001
	残差の分散	2.45		
-2LL	逸脱度	832.9	パラメータ	3
ICC	級内相関	0.50		
DE	デザインエフェクト	5.54	度数	210

表7 生活活動量のヌルモデル

従属変数【生活活動量】		推定値	標準誤差	有意水準
固定効果	切片	2.39	0.33	<0.001
変数効果	切片の分散	1.71		<0.001
	残差の分散	7.26		
-2LL	逸脱度	1035.0	パラメータ	3
ICC	級内相関	0.19		
DE	デザインエフェクト	2.72	度数	210

表8 居間室温と歩行活動量のマルチレベル分析

モデル1-1:歩行活動量			推定値	標準誤差	有意水準
固定効果	切片		3.18	0.34	<0.001
	日レベル	平均居間室温[℃]	0.04	0.07	0.57
		年齢[-]	-1.72	0.45	<0.01
	個人レベル	性別[-]	1.10	0.38	0.01
		移動手段[-]	-1.01	0.40	0.02
		平均居間室温[℃]	0.17	0.07	0.02
変数効果	切片の分散	0.92		<0.001	
	残差の分散	2.46			
-2LL	逸脱度	818.37	パラメータ	8	
AIC	赤池情報量基準	834.37	度数計	210	

表9 寝室室温と歩行活動量のマルチレベル分析

モデル1-2:歩行活動量			推定値	標準誤差	有意水準
固定効果	切片		3.01	0.59	<0.001
	日レベル	平均寝室室温[℃]	0.084	0.042	0.05
		年齢[-]	-1.46	0.62	0.03
	個人レベル	性別[-]	1.11	0.65	0.11
		移動手段[-]	-1.01	0.48	0.05
		平均寝室室温[℃]	0.022	0.079	0.78
変数効果	切片の分散	1.56		<0.001	
	残差の分散	1.98			
-2LL	逸脱度	652.18	パラメータ	8	
AIC	赤池情報量基準	668.18	度数計	175	

いう結果を得た。また変量効果の推定値から、切片の分散が有意であるため、歩行活動量の平均値は対象者間で変動があるという結果を得た。

(5) 生活活動量のマルチレベル分析結果 (表 10)

個人属性と外気温の影響を調整した上で生活活動量と有意な関連が見られたのは、平均脱衣所室温 (個人レベル) であった。外気温についてはセンタリング^{注8)}後の値を用いた。固定効果の推定値から、平均的な脱衣所室温が1°C高い住宅では、生活活動量が0.20 [Ex/日]多いという結果を得た。また変量効果の推定値より、切片の分散が有意であるため、生活活動量の平均値は対象者間で変動があるという結果を得た。

5. 考察

歩行活動量と有意な関連が見られた居間と寝室は、居住者の滞在時間が長い居室であり、生活活動量と有意な関連が見られた脱衣所は、滞在時間が短い非居室である。いずれも室温が高いほど身体活動量が多い傾向にあり、住宅内の寒さが身体活動量に影響を及ぼしている可能性が示唆された。また、活動の種類により関連する室が異なる結果となった。住宅内の「歩行」は、室間移動だけではなく室内移動も多く、滞在時間の長い居室との関連が見られたと推察される。今後は、室間温度差についても検討を行う必要がある。一方、「生活活動」は家事等の作業を行う活動である。非居室でも暖かい住宅では、そのような活動を行うことを厭わなくなるため、関連が見られたものと推察される。

6. まとめ

冬季の住宅内温熱環境が身体活動量に及ぼす影響について検証するため、マルチレベル分析を実施した。

- 1) 平均的に居間室温が高い住宅の居住者、また、同一個人においても寝室の平均室温が高い日に、歩行活動量が多い傾向にあることが示唆された。
- 2) 平均的に脱衣所温度が高い住宅の居住者は、生活活動量が多い傾向にあることが示唆された。
- 3) 断熱性能の高い住宅は、寝室と非居室の平均室温が高い傾向にあった。

以上より、居室を暖かく保つこととともに、非居室においても暖かい住宅が身体活動量に影響を及ぼすことが示唆された。しかしながら、本報では日レベルと個人レベルの2水準の階層を想定したが、身体活動は地域環境の影響も大きく受けることから、「地域レベル」も含めた3水準の階層構造を考慮した分析を行う必要がある。また、本調査は限られたサンプル数における横断調査の結果であるため、住宅内環境と身体活動量との関係をより詳細に検証するには、サンプル数を増やすとともに、縦断調査による分析が必要である。

謝 辞

表 10 脱衣所室温と生活活動量のマルチレベル分析

モデル 2: 生活活動量		推定値	標準誤差	有意水準	
固定効果	切片	2.73	0.43	<0.001	
	日レベル	平均脱衣所室温[°C]	-0.16	0.12	0.20
		平均外気温[°C]	0.32	0.10	<0.01
	個人レベル	性別[-]	-1.53	0.52	0.01
		移動手段[-]	1.58	0.50	0.01
		平均脱衣所室温[°C]	0.20	0.09	0.04
平均外気温[°C]		-0.05	0.28	0.85	
変量効果	切片の分散	0.82		0.01	
	残差の分散	7.43			
-2LL	逸脱度	880.53	パラメータ	9	
AIC	赤池情報量基準	898.53	度数計	193	

本研究の実施に際し多大なご支援をいただいた、コモアしおつ自治会の皆様、実測調査にご協力いただいた皆様、積水ハウス株式会社・積和建設西東京株式会社の皆様、柳澤恵様、高山直人様(当時、慶應義塾大学修士課程)に心より謝意を表す。尚、本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究事業(社会技術研究開発)「健康長寿を実現する住まいとコミュニティの創造(研究代表者:伊香賀俊治)」の助成ならびに、科学研究費助成金・基盤研究(A)(研究代表者:伊香賀俊治、課題番号:26249083)を受け実施したものである。

注 釈

- [1] 正確には、階層性線形モデリング(HLM: Hierarchical Linear Modeling)。モデル推定にはREML(制限付最尤法)、頑健な標準誤差を用いた。
- [2] 推移を確認し、特異な変化(例えば、ある10分間のみ10°C以上高い温度が記録される等)がある場合を異常値とした。
- [3] 歩行以外の身体活動を指す。例えば、掃除や洗濯、物運び等。
- [4] 量的変数についてはピアソンの積率相関係数を、質的変数についてはスピアマンの順位相関係数を算出した。
- [5] 級内相関 = 級内分散 / (級内分散 + 級間分散)
- [6] デザインエフェクト = 1 + (測定日数の平均 - 1) × 級内相関
- [7] 独立変数が「0」となる場合の平均値を指す。
- [8] 日レベルの変数にはグループセンタリングを、個人レベルの変数にはグランドセンタリングを行った。

参考文献

- 1) 厚生労働省: 健康日本 21(第2次)の推進に関する参考資料, 2012. 7
- 2) 齋藤義信ら: 中高年における日常身体活動および健康関連指標と環境要因との関係-藤沢市における検討, 第26回健康科学研究助成論文集, 2011. 3
- 3) NHK 放送文化研究所: 2010年国民生活時間調査報告書, 2011. 2
- 4) 青柳幸利ら: 高齢者における転倒発生のメカニズム-気象条件と身体活動量の観点から-, 福祉のまちづくり研究 6(1), 2004. 6
- 5) 柳澤恵ら: 住宅の温熱環境および断熱性能による高齢者の身体活動変容に関する実態調査, 空気調和・衛生工学会学術講演梗概集, 2014
- 6) 清水裕士: 個人と集団のマルチレベル分析, 株式会社ナカニシヤ出版 pp. 11-12, 2014. 10