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)	住宅の床近傍室温が冬季の家庭血圧に及ぼす影響のマルチレベル分析
Title(English)	Multi-Level Analysis for Effect of Temperature near Floor on Home Blood Pressure in Winter
著者(和文)	中島 雄介, 伊香賀 俊治, 苅尾 七臣, 安藤 真太朗, 桑原 光巨, 中村 正吾, 海塩 渉, 大橋 知佳, 本多 英里
Authors(English)	Yusuke Nakajima, Toshiharu Ikaga, Kazuomi Kario, Shintaro Ando, Mitsuo Kuwabara, Shogo Nakamura, Wataru Umishio, Chika Ohashi, Eri Honda
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. 177-180
Citation(English)	Technical papers of annual meeting, the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 第6巻, pp. 177-180
発行日 / Pub. date	2015, 9

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

住宅の床近傍室温が冬季の家庭血圧に及ぼす影響のマルチレベル分析
Multi-Level Analysis for Effect of Temperature near Floor on Home Blood Pressure in Winter

学生会員 ○中島 雄介（慶應義塾大学）　技術ﾌｪﾛｰ 伊香賀 俊治（慶應義塾大学）
非 会 員 苅尾 七臣（自治医科大学）　正 会 員 安藤 真太朗（北九州市立大学）
非 会 員 桑原 光巨（オムロンヘルスケア）　正 会 員 中村 正吾（OM ソーラー）
正 会 員 海塩 渉 （鹿島建設：当時慶應義塾大学）　学生会員 大橋 知佳（慶應義塾大学）
学生会員 本多 英里（慶應義塾大学）

Yusuke NAKAJIMA*[1] Toshiharu IKAGA*[1] Kazuomi KARIO*[2] Shintaro ANDO*[3]
Mitsuo KUWABARA*[4] Shogo NAKAMURA*[5] Wataru UMISHIO*[6] Chika OHASHI*[1] Eri HONDA*[1]
*[1] Keio University *[2] Jichi Medical University *[3] The University of Kitakyushu
*[4] OMRON HEALTHCARE Co., LTD. *[5] OM Solar Corporation *[6] Kajima Corporation

Recently, the effects of the indoor temperature on blood pressure have attracted attention. In addition, indoor thermal environment near floor might affect blood pressure. However, the major research doesn't focus on temperature near floor. Therefore, the purpose of this research is to analyze the relation between indoor temperature near floor and blood pressure. Field survey on home blood pressure, indoor temperature near floor, and personal factors was conducted in winter 2014. As a result, morning systolic blood pressure increased by 1.0 mmHg per 1 degree decrease in temperature near floor.

１．背景・目的

日本人の死因の約４分の１を占める循環器疾患は、冬季の住宅内において、死亡者数が夏季の約２倍になることが明らかにされている[文1)]。循環器疾患の主要な危険因子である高血圧は、2010 年時点で約 4,300 万人の有病者がいると推定されており[文2,3)]、日本人にとって身近な疾患である。近年、住宅内温熱環境と血圧の関係について研究がなされ、高さ 1.1m の室温が血圧に影響を及ぼすことが示唆されている[文4)]。また、人工気候室にて高齢被験者の下半身の曝露温度のみを低下させる実験において、血圧の上昇が認められており[文5)]、床近傍室温も血圧に影響を及ぼす可能性があると言える。しかし、床近傍室温に焦点を当て実際の住宅で調査を行った例は僅少である。

そこで本研究では、床近傍室温が家庭血圧に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、冬季の実生活場面において、室温、家庭血圧の実態調査を実施した。

２．調査概要

2.1 実測調査概要

首都圏在住の男女 180 名（100 世帯）を対象に、2014 年 11 月～2015 年 2 月に約 2 週間の温湿度と家庭血圧の実測調査を行った（表 1）。温湿度は、居間の床上 0.1m、1.1m、1.7m の高さにて、10 分間隔で連続測定した。家庭血圧は「高血圧治療ガイドライン 2014 [文6)]」に則り、自宅の居間にて、起床後と就寝前の 1 日 2 機会、1 機会につき 2 回測定した。

表－1 実測調査概要

	温湿度	家庭血圧
調査期間	2014 年 11 月～2015 年 2 月の内、2 週間	
調査対象	首都圏に在住の 35～74 歳の男女	
測定方法	居間(高さ 0.1m, 1.1m, 1.7m)において連続測定	居間において起床後／就寝前に測定
測定機器	温湿度データロガー TR-72Ui(T&D 社)	自動血圧計 HEM-7251G(OMRON 社) 上腕式血圧計 HEM-7252G-HP(OMRON 社)
サンプル	配布：100 世帯 有効：86 世帯（86%）	配布：180 名 有効：131 名（73%）

表－2 アンケート調査概要

調査内容	個人属性	年齢, 性別, 職業 等
	生活習慣	食習慣, 飲酒・喫煙習慣, 運動, 既往歴 等
	住宅	断熱性能, 暖房器具, 暖房の利用状況 等
サンプル	配布：180 名 有効：131 名（73%）	

※ 実測調査と同時期，同一の対象者に実施

2.2 アンケート調査概要

血圧は年齢、性別等の個人属性や食事、喫煙等の生活習慣による影響を受けると報告されている[文6)]。そこで、実測調査と併せて個人属性、生活習慣に関するアンケート調査を実施した（表 2）。

また住宅に関する設問として、断熱性能、使用している暖房器具等を問うた。断熱性能に関しては既往研究[文7)]を参考に、築年数、断熱材の有無、窓枚数、窓サッシの種類の回答に基づき、無断熱、昭和 55 年基準、平成 4 年基準、平成 11 年基準の 4 段階に分類した。

３．アンケート集計結果

3.1　個人属性・生活習慣に関するアンケート

対象者の男女の比率は男性が 54%、女性が 46%であった。平均年齢は男性が 52.0 歳、女性が 52.3 歳であり、40~49 歳の対象者が全体の約 4 割を占めた（図 1）。平均 BMI [注1]は男性が 24.0kg/m^2、女性が 22.6 kg/m^2 であり、全体の約 7 割が標準体型[注2]であった（図 2）。喫煙・飲酒に関しては、約 6 割が非喫煙者であり、非飲酒者は約 4 割を占めた。食習慣に関しては、約 7 割が野菜・果物を毎日摂取し、普通味嗜好の対象者は約 7 割であった（表 3）。

3.2　住宅に関するアンケート

本研究では床近傍室温に着目するため、対象住宅を平成 4 年の断熱性能基準を満たさない、床暖房非導入住宅（ケース①）、平成 4 年の断熱性能基準を満たす床暖房非導入住宅（ケース②）、平成 4 年の断熱性能基準を満たす床暖房導入住宅（ケース③）に分類した。対象住宅の断熱性能を床暖房導入の有無別に示す（図 3）。各ケースに該当する住宅は、ケース①が 41 軒、ケース②が 14 軒、ケース③が 14 軒であった[注3]。

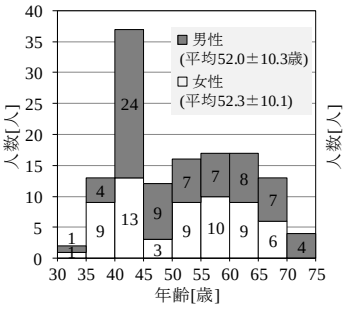
４．実測調査結果

4.1　居間の高さ 0.1m と 1.1m の室温の関係

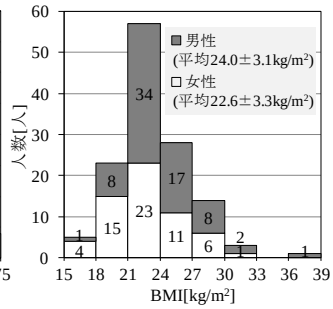
血圧測定時（起床後）の居間の高さ 0.1m と 1.1m の室温の関係について、日毎の測定値をケース別に示す（図 4）。断熱性能が低いケース①の住宅では、高さ 1.1m の室温が 20℃の場合においても高さ 0.1m の室温は約 10℃の住宅が存在し、上下温度差の程度を意味する二乗平均平方根誤差（RMSE）は 3.7℃となった。断熱性能が高いケース②, ③は双方の高さの室温が 10℃以下を下回ることがなく、ケース①と比較して起床後の温熱環境が良好であることが確認された。特にケース③（床暖房導入）では RMSE が 1.3℃となり、高さ 1.1m の室温が約 20℃の場合においても、上下温度差は平均 0.80℃であった。

4.2　起床時収縮期血圧の測定期間中平均値

本研究では、循環器疾患の発症が多発する起床時[文8]、及び予後予測能に優れる収縮期血圧[文9]を血圧の指標とする。起床時収縮期血圧の測定期間中における平均値の分布を図 5 に示す。サンプルは概ね正規分布に従い、平均血圧は男性が 128.2mmHg、女性が 117.1mmHg であり、男性の方が有意に高い（p<0.01）結果が得られた。



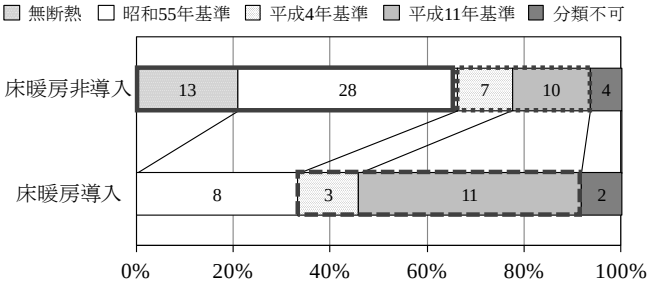
図ー1　年齢ヒストグラム



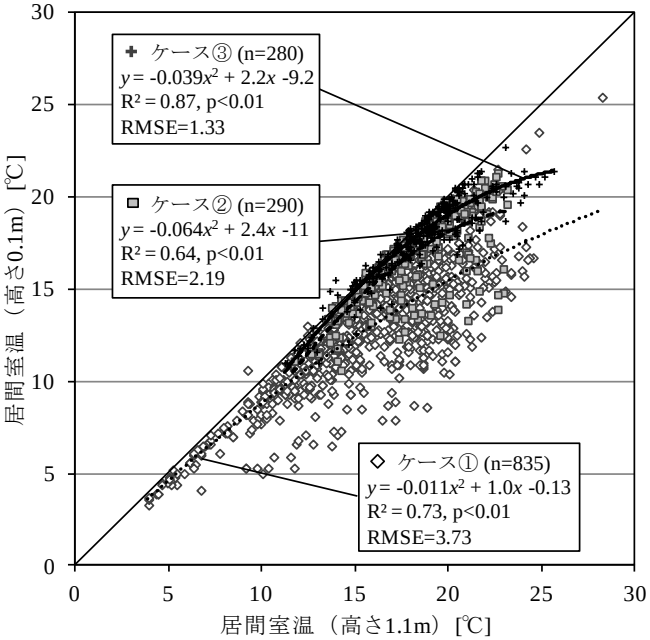
図ー2　BMI ヒストグラム

表ー3　個人属性・生活習慣の回答結果

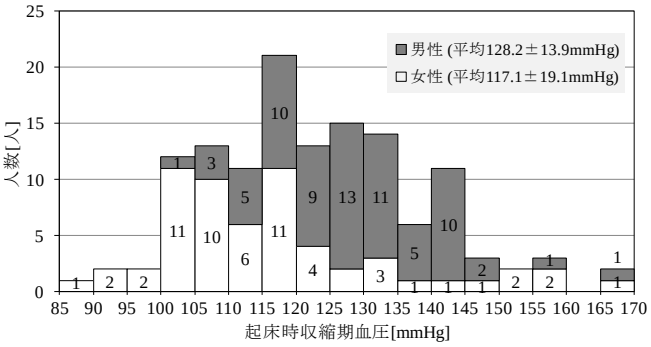
属性	上段：選択肢, 下段：度数（相対度数（%））				
性別	女性 60(46 %)	男性 71(54 %)			
喫煙	なし 80(61 %)	やめた, あり 51(39 %)			
飲酒習慣	なし 54(41 %)	週 1~2 回 17(13 %)	週 3~4 回 14(11 %)	週 5~6 回 14(11 %)	毎日 32(24 %)
野菜・果物の摂取	なし 0(0 %)	週 1~2 回 3(2 %)	週 3~4 回 11(8 %)	週 5~6 回 26(20 %)	毎日 91(70 %)
味嗜好	薄い 29(22 %)	普通 89(68 %)	濃い 12(9 %)	制限中 1(1 %)	
運動習慣	かなり不足 52(40 %)	やや不足 50(38 %)	やや十分 22(17 %)	十分 7(5 %)	



図ー3　断熱性能（床暖房導入の有無別）



図ー4　居間の高さ 0.1m と 1.1m の室温の関係



図ー5　起床時収縮期血圧ヒストグラム

５．室温が家庭血圧に及ぼす影響のマルチレベル分析

個人属性や生活習慣を制御した上で、室温が血圧に及ぼす影響を検証するため、マルチレベル分析を行った。本分析では、各対象者の日毎の血圧測定値の差異（個人内の変動）と血圧の対象者間の差異（個人間の変動）の階層構造を分離し、同時に分析を行うことが可能である。本研究では起床時収縮期血圧を目的変数とし、血圧測定時の室温の実測値、アンケート調査から得られた個人属性や生活習慣を説明変数とした。データ構造は、実測のデータを日レベルの変数（Level-1）、アンケートのデータを個人レベルの変数（Level-2）とし、日レベルが個人レベルにネストする二層構造を想定した。分析に投入する標本数は、131 名×測定日数（平均 13 日、最小 7 日～最大 19 日）の計 1,743 サンプルであった。

分析の手順は安藤ら[文10]の研究に従い、①目的変数と説明変数の相関分析、②説明変数同士の相関分析、③ヌルモデルの作成によるデータの階層性の確認、④最終モデルの確認の 4 段階とした。

5.1　目的変数と説明変数の相関分析

投入する説明変数を検討するため、起床時収縮期血圧と各説明変数の相関分析を実施した（表 4）。血圧に影響を及ぼすとされている各個人因子と血圧の間に有意な相関関係が確認され、BMI、性別、味嗜好、年齢の順に相関係数が大きかった。また居間室温についても、高さ 0.1m、1.1m 共に有意な負の相関が確認され、高さ 0.1m の室温の方が相関係数が大きかった。

5.2　説明変数同士の相関分析

多重共線性を抑制するため、モデルに投入する説明変数間の関係を確認する相関分析を実施した。相関係数の絶対値が 0.50 以上となった説明変数の組を表 5 に示す。性別と喫煙習慣、性別と飲酒習慣の間に強い相関関係が見られたが、これは喫煙者や毎日飲酒する者の多くを男性が占めたためであると考えられる。これらの説明変数は同一モデル内に投入しないよう配慮する必要がある。また、高さ 0.1m と 1.1m の居間室温の間に非常に強い相関関係が見られたため、手順④ではこれらを同時に投入せずに、高さ 0.1m の室温を投入する Model-1、高さ 1.1m の室温を投入する Model-2 を作成して比較を行う。

5.3　ヌルモデルの作成によるデータの階層性の確認

目的変数に起床時収縮期血圧を投入し、説明変数を投入しないヌルモデルを作成し、級内相関係数（ICC）[注4]、デザインエフェクト（DE）[注5]を算出してデータの階層性の確認を行う。ヌルモデルに関する結果を表 6 に示す。ICC が 0.1 を上回り、DE が 2.0 を大きく上回ることから、個人のデータに類似性が存在し、個人内の効果と個人間の効果に分離すべきデータであることが示唆された。従って、マルチレベル分析を行うことが推奨される、階層構造を持つデータであることが確認された。

表ー4　起床時収縮期血圧と各説明変数の相関分析

説明変数	相関係数	選択肢
居間室温 高さ 0.1m	-0.14***	ー[℃]
居間室温 高さ 1.1m	-0.08***	ー[℃]
性別	0.32***	[1)女性 2)男性]
年齢	0..22***	ー[歳]
BMI	0.39***	ー[kg/m^2]
喫煙習慣	0.21***	[1)なし 2)やめた, あり]
飲酒習慣	0.17***	[1)なし 2)週 1~2 日 3)週 3~4 日 4)週 5~6 日 5)毎日]
野菜・果物の摂取	-0.07***	[1)なし 2)週 1~2 日 3)週 3~4 日 4)週 5~6 日 5)毎日]
味嗜好	0.23***	[1)薄い 2)普通 3)濃い 4)制限している]
運動習慣	0.08***	[1)かなり不足 2)やや不足 3)やや十分 4)十分]

*** p<0.01

表ー5　説明変数同士の相関分析

説明変数 1	説明変数 2	相関係数
居間室温（高さ 0.1m）	居間室温（高さ 1.1m）	0.89***
性別	喫煙習慣	0.56***
性別	飲酒習慣	0.54***

*** p<0.01

表ー6　ヌルモデルの級内相関係数とデザインエフェクト

起床時収縮期血圧		推定値	標準誤差
固定効果	切片	122.9***	1.4
変量効果	残差の分散	65.4***	2.3
	切片の分散	236.8***	30.0

赤池情報量基準（AIC）	1.27×10^4
級内相関係数（ICC）	0.784
デザインエフェクト（DE）	10.6
度数	1,743

*** p<0.01

表ー7　起床時収縮期血圧と各説明変数の相関分析

レベル		説明変数	Model-1 推定値	Model-1 標準誤差	Model-2 推定値	Model-2 標準誤差
固定効果	-	切片	70.7***	11.7	68.6***	11.8
	個人レベル（Level-2）	性別	7.7***	2.3	7.4***	2.4
		年齢	0.4***	0.1	0.4***	0.1
		BMI	1.5***	0.3	1.5***	0.3
		味嗜好	5.1**	2.1	5.5***	2.1
		居間室温 高さ 0.1m	-0.4	0.3		
		居間室温 高さ 1.1m			-0.1	0.3
	日レベル（Level-1）	居間室温 高さ 0.1m	-1.0***	0.2		
		居間室温 高さ 1.1m			-0.8***	0.1
変量効果	-	残差の分散	62.0***	2.2	61.0***	2.2
		切片の分散	157.5***	20.5	159.9***	20.8
		切片と居間室温の共分散	-2.6	1.9	-2.4	1.6
		居間室温の分散	0.5	0.3	0.6**	0.2
赤池情報量基準（AIC）			1.26×10^4		1.26×10^4	

度数は Model-1, 2 ともに 1,743　　** p<0.05, *** p<0.01

5.4　最終モデルの検討

前述の手順に従いヌルモデルに説明変数を投入し最終モデルを構築した。モデルに投入する説明変数は、5.1 節で血圧との間に 1%水準で有意な相関関係が確認された変数のうち、5.2 節で性別との間に強い相関関係が確認された「喫煙習慣」と「飲酒習慣」を除く変数とし、説明変数同士の多重共線性を抑制した。また高さ 0.1m の室温と高さ 1.1m の室温が血圧に及ぼす影響の大きさを比較するため、前述の通り、居間室温として高さ 0.1m を投入する Model-1、高さ 1.1m を投入する Model-2 を作成した。説明変数はセンタリング（中心化）[注6]を行い、日レベルの効果と個人レベルの効果をそれぞれ推定できるようにした。

最終モデルを表 7 に示す。高さ 0.1m の居間室温を投入した Model-1 に着目して考察する。ダミー変数として投入した性別が 1%水準で有意となり、男性の方が血圧が 7.7mmHg 高かった。これは喫煙者や毎日飲酒する者の血圧が高い傾向にあることが要因であると推察される。

居間室温に関しては、Level-1 の室温が 1%水準で有意となり、ある一日の高さ 0.1m の室温が 1℃低下することにより、ある対象者の血圧が 1.0mmHg 上昇すると示された。Level-2 の室温は有意でなかったため、起床時収縮期血圧に対しては、平均的な室温と比較してある一日の室温の影響が大きいことが示唆された。また、同様の結果が得られた Model-2 の居間室温の推定値と比較すると、高さ 0.1m の室温を投入した Model-1 の方が推定値が大きいことから、床近傍の高さ 0.1m の室温の方が血圧への影響が大きいことが示唆された。

６．まとめ

(1) 本報では、実態調査の結果を用いて床近傍室温が家庭血圧に及ぼす影響の検証を行った。

(2) 平成 4 年基準の断熱性能を満たさない住宅（ケース①）では、高さ 1.1m の室温が 20℃の場合でも高さ 0.1m の室温は約 10℃の住宅が存在し、RMSE が 3.7℃となった。

(3) 平成 4 年基準の断熱性能を満たす住宅（ケース②, ③）は、高さ 0.1m、1.1m の室温共に 10℃以下を記録することが無く、特に床暖房導入住宅（ケース③）では、RMSE が 1.3℃となった。

(4) マルチレベル分析の結果により、データの階層性を考慮した上でも、居間の高さ 0.1m の室温が有意に血圧に影響を及ぼし、ある一日の室温 1℃低下により血圧が 1.0mmHg 上昇することが確認された。

謝辞

本調査の実施にあたりご支援・ご協力頂いた堤正和様、山田圭佑様、OM ソーラー株式会社の皆様、担当工務店の皆様、高山直人様、そして調査にご協力頂いた皆様に深甚の意を表する。尚、本研究は、林野庁「CLT 等新たな製品・技術の開発促進事業のうち住宅等における製品・技術の開発・普及の一層の促進」ならびに科学研究費補助金・基盤研究(A)(研究代表者：伊香賀俊治, 課題番号：26249083)の助成を受け実施したものである。

参 考 文 献

1) 羽山広文ら, 住環境の変化が身体へ与える影響の実態把握 その 1 全国の疾患発生と住宅の建築時期・構造解析, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No.84, pp.539-542, 2011

2) K.Miura et al. : Epidemiology of hypertension in Japan, Circulation Journal, Vol.77, pp.2226-2231, 2013

3) 三浦克之：厚生労働省科学研究費補助金循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業 2010 年国民健康栄養調査対象者の追跡開始(NIPPON DATA2010) と NIPPON DATA80/90 の追跡継続に関する研究, 平成 24 年度総括・分担研究報告書, 2013

4) 海塩渉ら, 個人因子別の家庭血圧上昇量に関する分析―冬季の質内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査―, 日本建築学会環境系論文集, Vol.79, No.701, pp.571-577, 2014

5) N. Hashiguchi et al., Effects of vertical air temperature gradients on physiological and psychological responses in the elderly, Journal of Human-Environment System, Vol.14, No.1, pp.9-17, 2011

6) 日本高血圧学会, 高血圧治療ガイドライン 2014, 2014

7) 高柳絵里ら, 健康維持増進に向けた住環境評価ツールの有効性の検証, 日本建築学会環境系論文集, Vol.76, No.670, pp.1101-1108, 2012

8) S.Omama et al., Differences in circadian variation of cerebral infarction, intracerebral haemorrhage and subarachnoid haemorrhage by situation at onset, Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry, Vol.77, No. 12, pp.1345-1349, 2006

9) R. Inoue et al., Predicting stroke using 4 ambulatory blood pressure monitoring-derived blood pressure indices : the Ohasama Study, Hypertension, Vol.48, No.5, pp.877-882, 2006

10) 安藤元気ら, マルチレベルモデルを適用した戸建住宅におけるエネルギー消費量に及ぼす影響要因の分析―広島地域の全電化住宅を対象とした電力消費量に関する研究―, 日本建築学会環境系論文集, Vol.79, No.698, pp.383-392, 2014

11) 清水裕士, 個人と集団のマルチレベル分析, ナカニシヤ出版, 2014

12) 三輪哲ら, SPSS による応用多変量解析, オーム社, 2014

注釈

1) BMI[kg/m^2]=体重[kg]/(身長[m])^2, 初回血圧測定時に、体重体組成計 HBF-252F(OMRON 社)により測定

2) 標準体型:18.5≦BMI＜25.0, 日本肥満学会, 2011

3) 断熱改修を行った、ケース②の住宅 3 軒(4 名)を除外した

4) グループ内の類似性を評価する指標であり、0.1 を超える場合、階層性を考慮する必要がある, ICC=(グループ間分散) / (グループ間分散+グループ内分散) [文11)]

5) 2.0 を超える場合、階層性を考慮する必要がある, DE=1+(平均グループ内データ数-1)×ICC [文11)]

6) マルチレベル分析で一般に用いられるセンタリングの方法として、「全体平均に基づくセンタリング（CGC）」と「集団平均に基づくセンタリング（CWC）」がある。本研究においては CGC を行った変数を Level-2 に、CWC を行った変数を Level-1 に投入した[文12)]。