

熱環境からみた冬期の居住性能に関する地域特性の分析

—東北地方都市部を対象として—

正会員	吉	野	博*
正会員	長	谷川	雄**
正会員	沢	田	次***
正会員	石	川	美****
正会員	赤	林	一*****
正会員	菊	田	道 宣*****

1. 序

東北地方都市部の木造独立住宅における熱環境からみた冬期の居住性能に関しては、昭和 54, 55 年度の冬期に 8 都市 78 戸を対象として詳細な測定を行い、調査結果はすでに報告した³⁾。その時の調査では、1 住戸当り 6 ケ所の温湿度を約 2 週間にわたって連続測定し、室内各部の温度を外気温、暖房方法、シェルター性能等との関連で分析した。その結果、暖房は居間のみで行う一室暖房であること、暖房室と非暖房室の温度差および暖房室の上下の温度差が極めて大きいこと、また、青森や秋田の煙突付大型石油ストーブを使用している住戸では、他の住戸に比べて居間の上下温度分布が小さく、グローブ温度も相対的に高いこと、などが明らかとなった。

さて、東北地方の気候条件は地域によって多様であるから、熱環境からみた冬期の居住性能も地域的に異なった特徴を有するものと推察される。したがって、住宅の断熱気密性能や暖房方法等の今後のあり方（性能水準）を考えていく上では、地域の特徴を十分把握しておく必要がある。しかし、前回の調査では、対象住戸の数が限られていたので、この点を分析するまでに至らなかった。

以上に鑑みて、地域特性を明らかにすることを主目的に、東北地方各地の典型的な気候条件を有する 12 都市および比較のため札幌、東京（府中）の住戸、約 1000 戸を対象としてアンケート調査および室温調査を実施した。そして、調査結果を数量化理論等を用いて分析したところ、いくつかの興味深い知見が得られたのでここに報告する次第である。

* 東北大学 助教授・工博

** 東北大学 教授・工博

*** 八戸工業大学 助教授

**** 東北大学 助手

***** 東京大学 大学院生

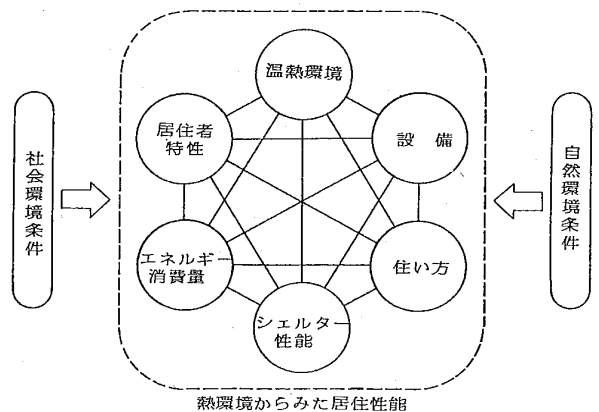
***** 佐藤工業(株)中央技術研究所

(昭和 59 年 2 月 13 日原稿受理日, 昭和 59 年 5 月 26 日改訂原稿受理日, 討論期限昭和 60 年 2 月末日)

ただし、前回の調査と比較すれば、調査対象の規模を拡大したのに対し、室温調査については居間の温度のみを液晶温度計を用いて居住者により読み取るという方法で行っており、測定精度は劣っている。また、調査対象住戸を選定する際、独立住宅、集合住宅の区別はしなかったが、結果としては、札幌、仙台を除いて集合住宅は極端に少なかったため、地域比較の上から独立住宅についてのみ分析した。

なお、本論文では、温熱環境とその温熱環境の形成に寄与する要素としての、シェルター性能、設備、住い方、エネルギー消費量および居住者特性とをまとめて“熱環境からみた居住性能（以後、単に“居住性能”という）”と呼ぶことにする。また、それらを取りまく社会環境条件、自然環境条件は居住性能に影響を及ぼす要素としてとらえることとする。各要素の関係を模式的に図—1 に示す。今回の調査項目を各要素にあてはめてみれば表—1 のようになる。

従って、居住性能の地域特性に関する分析とは、居住性能を構成する各要素の内容および各要素の相互の関連についての地域的な特性を解明することを意味する。そこで 4 章では、数量化理論Ⅲ類を用いて総合的に分析を



図—1 熱環境からみた居住性能の構成要素

表一 居住性能の構成要素の内容

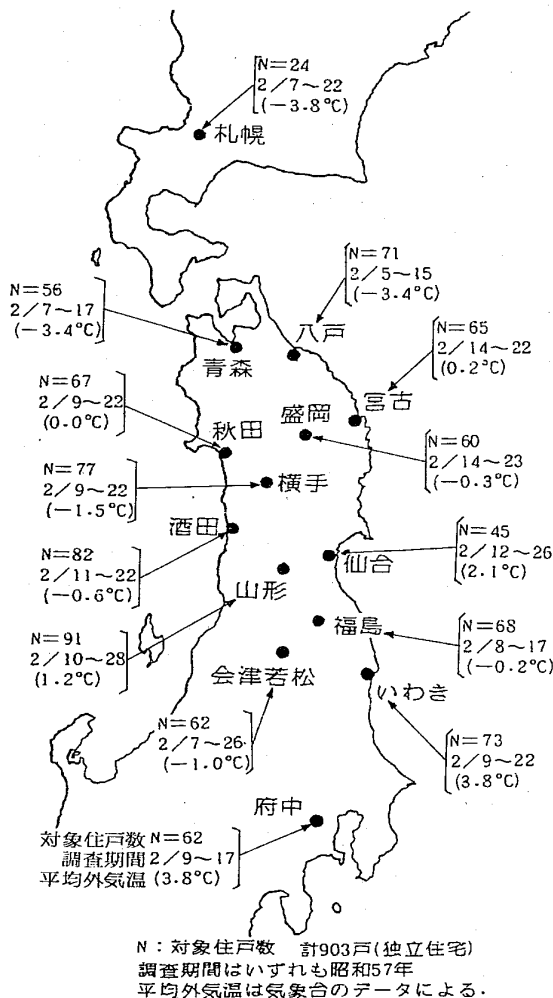
温熱環境	朝、昼、夜の居間室温
設備	使用暖房器具・保有住宅設備
住い方	暖房時間・暖房期間・着衣量・結露対策 洗たく物を干す場所・空気汚染の対策
シェルター性能	建設時期・床面積・構造・断熱材・雨戸 窓、床の構成・日当たり・結露状況 すき間風の感じ方
エネルギー消費量	1月、冬期の石油消費量
居住者特性	家族構成・年齢・年間収入・職業
自然環境	暖房度日・外気温
社会環境	民力

行っている。また、団らん時の室温および冬期の石油消費量に及ぼす因子の影響については数量化理論Ⅰ類を用いた分析を行っているが、その際、社会環境や自然環境が室温や石油消費量の地域差にどの程度関与しているかについても考察している。

2. 調査概要

2.1 対象都市と調査期間

対象都市、対象住戸数（独立住宅）、調査期間、調査期間中の平均外気温を図一2に示す。東北地方の冬期の気候特性は、太平洋側と日本海側、内陸部と沿岸部など



図一2 対象都市と対象住戸数、調査期間、調査期間中の平均外気温

地理的条件によって大きく異なり、東北地方が南北に長いことも相まって、6区分^{文4)}あるいは7区分^{文5)}の分類がなされている。そこで、各気候区に属する代表的な12都市を図一2のように選定した。また、東北地方と他地域との比較のため、札幌、東京（府中）を加えた。室温の調査期間は昭和57年2月の連続した一週間である。ただし、同一都市でも住戸によって調査期間のずれがある。外気温は各都市の最寄りの気象台観測データを用いた。

2.2 調査方法と内容

各都市の小学校、または高等学校を通じて、アンケート調査用紙と液晶温度計を配布し、調査用紙への記入、居住者による居間温度の読み取りを依頼して、調査終了後学校ごとに回収をお願いした。対象住戸は各都市80戸を目安とした。対象住戸には集合住宅も含まれているが、地域比較のためにそれらは除外し、図一2に示す計903戸を分析に用いた。ただし、数量化理論による分析ではアンケートの回答に欠測のない463戸を対象とした。また、コンクリート造、ブロック造は全体の3%に過ぎないため、建物構造別の集計は行っていない。

液晶温度計は、たて10cm、横20cm、厚さ5mmの断熱材に貼付けたものである。これを居間の床上1mの柱や壁に貼付けてもらい、温度の読み取りを起床時(以後、朝と呼ぶ)、日中(昼)、夕食後の団らん時(夜)の1日3回、一週間にわたって依頼した。測定範囲は0~30°C、目盛りの表示は2°C刻みである。

アンケート調査の内容は、表一に示すように設備から居住者特性までの約60項目である。着衣量については、あらかじめclo. 値が算出されているいくつかの着衣構成例を選択肢として示し、最も近い着衣構成例を選択してもらった。その際、和服という選択肢も設けたが和服のclo. 値は不明である。

3. 調査結果と考察

3.1 温熱環境に関するアンケート調査結果

アンケート調査の主な結果を度数分布で図一3に示す。

(1) 居住者の特性

家族数の平均は、各都市4.2~4.8人の間で、地域的な差は見られない。全平均は4.5人である。年間収入は仙台で高所得層の割合がやや高いが、大きな差は見られず、全平均は約450万円である。世帯主の年齢は40代が60%で、どの都市でも40代の割合が最も高い。総じて居住者の特性に地域的な差はないと言える。

(2) 建物構造の特徴

在来構法による木造が全体の90%以上を占め、構造による地域的な差は見られない。全体の70%が2階建てである。昭和50年代に建設された比較的新しい住戸が全体の40%である。府中では古い住宅がやや多く、

調査項目		札幌 (24)	青森 (56)	八戸 (71)	盛岡 (60)	宮古 (65)	秋田 (67)	横手 (77)	山形 (82)	酒田 (91)	仙合 (45)	福島 (68)	会津若松 (62)	いわき (73)	府中 (62)	合計 (903)
床面積 (m ²)	～ 60	73.1														
	60～100	平均	93.4													
	100～140			111.7												
	140～180				123.3	115.7	109.4	119.7	127.7	126.4	108.7	108.0	113.4	101.1	90.2	108.1
	180～ 不明															
断熱材	使用している															
	使用していない															
	わからない															
	不明															
窓の構成	アルミサッシ一重															
	アルミサッシ二重															
	アルミサッシ +木製ガラス戸															
	アルミサッシ+障子															
	木製ガラス戸一重															
	木製ガラス戸二重															
	木製ガラス戸+障子 その他 不明															
両戸の使用率										0%	50%	100%				
居間の すき間風	常に感じる															
	しばしば感じる															
	風が吹くと感じる															
	少し感じる時がある															
	感じない 不明															
居間の暖房器具	FFストーブ															
	煙突付ストーブ															
	開放型ストーブ															
	電気ストーブ、電気湯たんぽ 電気カーペット、 パネルヒーター、 電気こたつ															
	セントラルヒーティング															
	その他															
	不明															
暖房時間 (h)	～ 4															
	4～ 8	16.2	12.4					10.1	10.4	11.2	10.7	8.4		6.9	7.2	10.6
	8～12			9.7	10.4	8.9	15.1						11.4			
	12～16															
	16～20 20～ 不明	平均														
石油消費量 (×187)	～20															
	20～40															
	40～60															
	60～80	134.6	79.9	46.5	50.9	35.0	60.2	59.4	57.7	43.7	42.8	30.4	47.5	27.4	28.0	49.1
	80～100															
	100～140 140～ 不明	平均														
暖房設備以外の 住宅設備	冷房設備															
	扇風機															
	居室換気扇															
	台所換気扇															
	除湿機															
	加湿機															
	サーキュレーター															
	空気清浄機															
	瞬間湯沸機															
	電気温水機															
	洗たく物乾燥機															
	ふとん乾燥機															
	ソーラーシステム (給湯専用)															
ソーラーシステム (暖房専用)																
ヒーター付便座																
居間の 結露	～ 0.75															
	0.75～1.00	平均	1.05	1.04	1.10	1.07	0.99	10.6	1.11	1.08	0.99					
	1.00～1.25															
	1.25～ 和服 不明	1.03										1.02	1.05	1.02	1.04	1.05
	～ 0.75															
0.75～1.00	平均	1.17	1.12	1.12	1.17		1.08	1.08	1.09	1.02	1.06	1.06	1.05	1.03	1.08	
1.00～1.25																
1.25～ 和服 不明	1.01						1.03									
居間の 結露	する															
	しない															
	わからない 不明															

図-3 アンケート調査結果の度数分布 (昭和57年2月実施)

昭和40年以前に建設された住戸が約40%である。床面積の全住戸平均値は108.1m²であり、札幌では平均が73.1m²とやや小さい。

(3) 建物の断熱気密性能

宮古、福島、府中では断熱材を使用していない住戸の方が使用している住戸より多い。府中で使用率が低いのは建設時期の古い住戸が多いためであろう。札幌では使用率が75%と特に高く、他の都市と異なる。断熱材の使用部位については、外壁、天井、床の順に使用率が低くなる。外壁、天井、床のすべてに断熱材を使用している住戸は札幌を除くとほとんどない。また、今回は調査していないが、断熱材の厚さについても、札幌と他の都市では異なると考えられる。居間の窓構成は、札幌、青森では二重の住戸が多い。八戸以南では二重は減少し、サッシと障子、サッシ一重が多くなる。府中では木製ガラス戸一重が多い。居間の床構成は畳とじゅうたんが約50%と最も多い。札幌、青森では畳だけの住戸は少なく、板敷きの上にじゅうたンを敷いている住戸が札幌では83%である。雨戸の使用率は南下するにつれて高くなり、府中では約90%に達する。居間の日当たりについては全体の70%の住戸が良いと答えている。日当たりが悪いと答えた住戸のうち、その理由として雪囲いのためと答えた住戸が、横手、会津若松で目立った。居間の隙間風の感じ方は、札幌、府中で常に感じるとした住戸が多く、その他の都市では、感じない、少し感じられると答えた住戸が半数以上である。

(4) 居間の使用暖房設備

札幌、青森、秋田では煙突付ストーブ、他の都市では開放型ストーブと電気こたつが中心であり、地域的に大きく二分される。煙突付ストーブは仙台以南ではほとんど見られない。FFストーブはいずれの地域でも20~30%の住戸で使用されている。セントラル・ヒーティングは、札幌に多い。暖房器具の平均使用時間は、札幌で16時間、秋田で15時間と全平均10.6時間より長い。逆にいわきは7時間、福島は8.5時間と短い。24時間の連続暖房を行っている住戸は札幌以外ではほとんど例がない。

(5) 各種住宅設備の保有状況

暖房設備以外の住宅設備についてみると、冷房設備、除湿機、ふとん乾燥機、などに地域的な差が見られる。冷房設備は南下するほど保有率は高くなり、特に山形、福島、府中では40%を超えている。除湿機は、冬期に外気湿度が高い秋田、横手、酒田、会津若松で高率である。これらの都市では、会津若松を除き、青森、八戸とともにふとん乾燥機の保有率も高い。

(6) 石油消費量

ここでいう石油消費量には、暖房の他に風呂や台所給湯に用いられる消費量も含まれている。昭和57年1月

分および平年の冬期に使用される量^{注1)}について調査した。札幌の平均は1月分が360l、冬期消費量が2400lであり、秋田の2倍、府中の4.5倍である。全住戸の平均は1月分が190l、冬期が880lである。宮古、仙台、福島、いわきと太平洋側の都市で比較的少ない。

(7) 団らん時の着衣量

団らん時の男性の着衣量は、地域的な差が見られないが、女性は、札幌で薄着、青森、八戸、盛岡、宮古で厚着の傾向を示している。

(8) 居間の結露

居間の結露については、全体の60%の住戸で有りだと答えている。札幌と府中では有りの住戸は約30%と少なかった。結露の部位、結露の対策については地域的な差はなく、対策として特に何もしていないと答えた住戸は60%である。

3.2 液晶温度計による居間室温の調査結果

(1) 液晶温度計の読み取り精度

昭和57年の1~2月に、山形県郡部の住宅を対象として温熱環境調査を実施した^{文6)}が、その時に液晶温度計と測温抵抗体による室温の同時測定を行った。液晶温度計による読み取り値と、測温抵抗体による同時刻の測定値との関係を図-4に示す。両者は±2°Cの範囲で概ね一致している。室温の絶対値を問題にする場合には誤差がやや大きいと考えられるが、地域的な差を統計的に調べるといふ目的で用いる場合にはこの程度の精度でも

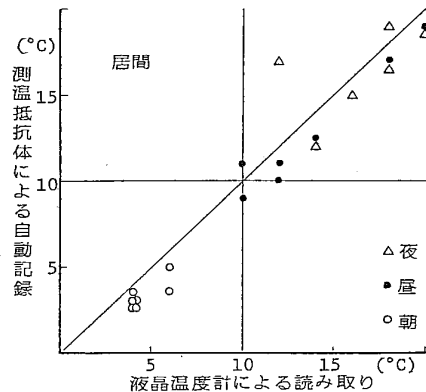


図-4 液晶温度計による読み取り値と測温抵抗体による測定値との比較^{文6)}

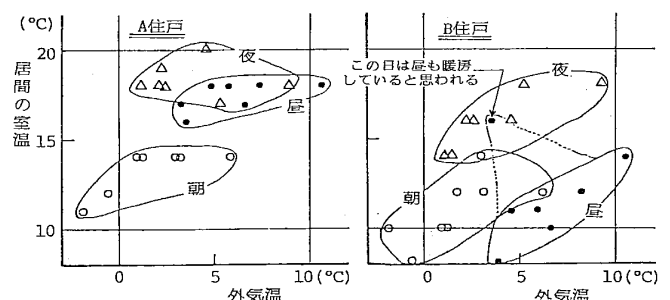


図-5 室温と外気温との関係の2住戸における例 (仙台・木造住宅)

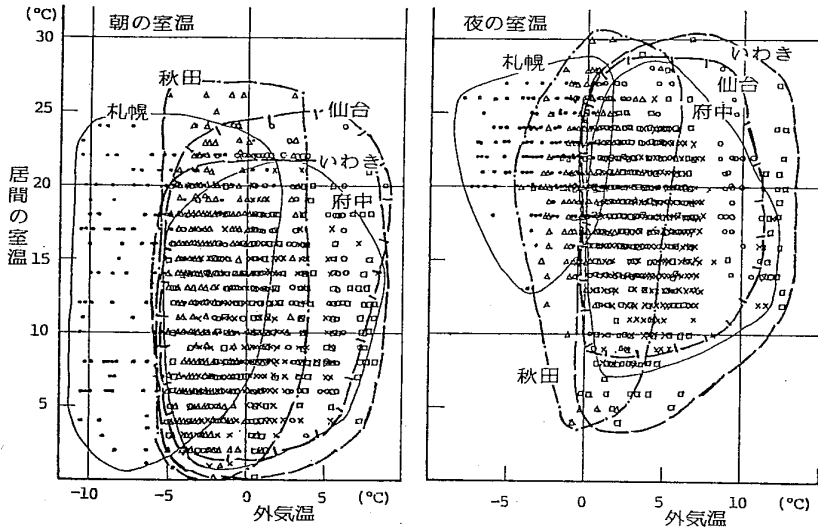


図-6 室温と外気温の関係 (札幌, 秋田, 仙台, いわき, 府中)

十分と言えよう。

(2) 室温と外気温との関係

居間の室温とその同時刻の外気温について、仙台の代表的な2住戸の例を図-5に示す。A住戸では朝の室温は外気温と正の相関を示すが、昼、夜の室温は外気温が変化してもそれほど変わらない。B住戸では朝、昼、夜すべてに正の相関がみられる。全般に室温と外気温が正の高い相関を示す住戸は少なく、特に夜の室温は外気温が変化してもほとんど変わらなかった。札幌、秋田、仙台、いわき、府中の5都市について全住戸まとめて図-6に示す。住戸や日によるばらつきが大変大きく、外気温との相関はない。また、朝の室温は都市による差は明瞭ではないが、夜については札幌

が比較的高い温度に集中している。

(3) 各都市の平均値と分散

各住戸の室温として一週間の平均値を用いた。以後室温とはこの値を指す。各都市の室温の平均値と分散を図-7に示す。各都市は暖房度日⁽²²⁾の大きい順に左から右へ並べてある。また、参考のため札幌(39戸)、仙台(32戸)の集合住宅についても併せて示した。

いずれの都市も、朝、昼、夜の順に平均値は高くなり、酒田、福島、いわきを除いて標準偏差は小さくなる。酒田、福島、いわきでは昼の標準偏差が最も小さい。全体の平均値および標準偏差は、朝が10.2°C、5.2°C、昼が16.5°C、4.1°C、夜が17.9°C、4.0°Cである。

朝の標準偏差が大きい原因は暖房している住戸としていない住戸が混在しているためであろう。札幌、青森、秋田は朝、昼、夜を通じて高めであり、逆に八戸、福島は低い。特に札幌では最小値が高く、暖房時間が長いことと対応している。各都市の平均値は暖房度日が大きくなるほど高くなる傾向を示し、その傾向が最も強い夜の室温と暖房度日との相関係数は0.53である。

各都市の平均値と調査期間中の平均外気温との関係を図-8に示す。朝、昼、夜とも負の相関を示すが、相関係数は朝で-0.30、夜で-0.43と小さい。室温が高い札幌、青森、秋田を除くと、昼、夜の室温と外気温の相関はほとんどなく、朝は0.25と正の相関となる。

各都市の朝、昼、夜の平均室温を基に、クラスター分析⁽²³⁾による地域区分を行うと①札幌、青森、秋田、②横手、山形、酒田、仙台、③八戸、盛岡、宮古、福島、いわき、会津若松、府中、の3群に分類できた。

札幌、青森、秋田では、図-3に示したように煙突付ストーブの使用率が高く、暖房時間が長めである。室温が高いことは、このことと対応しているものと考えられる。ただし、札幌では、居間のみでなく住戸全体を暖房

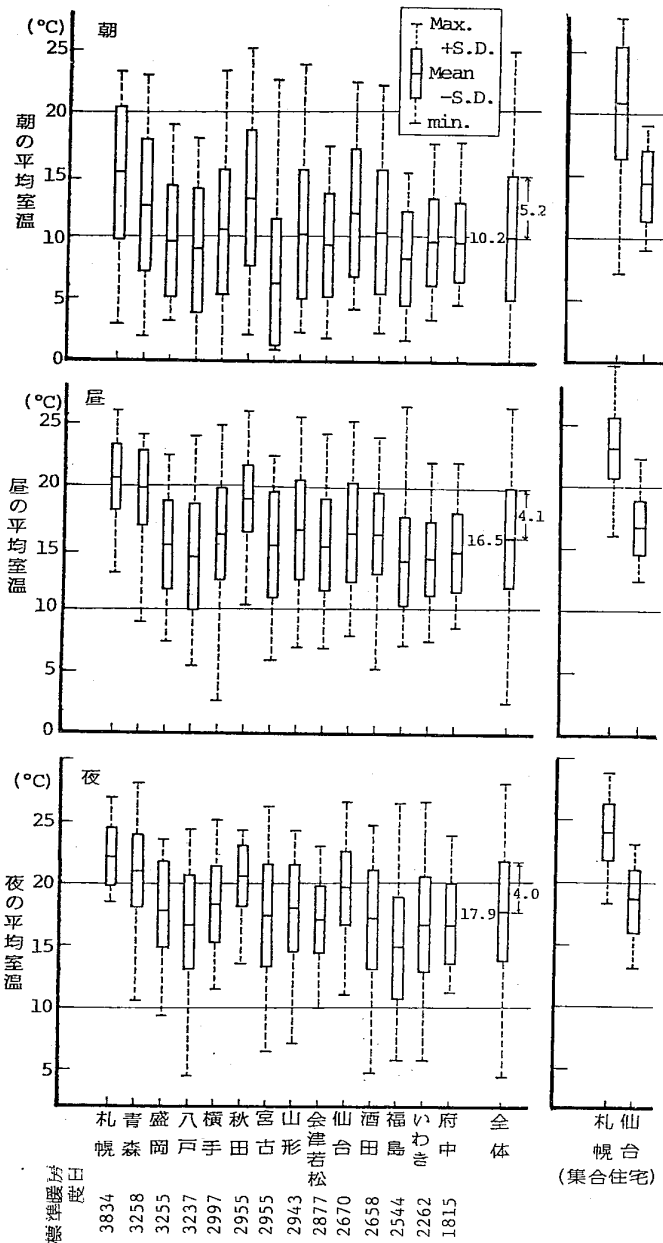
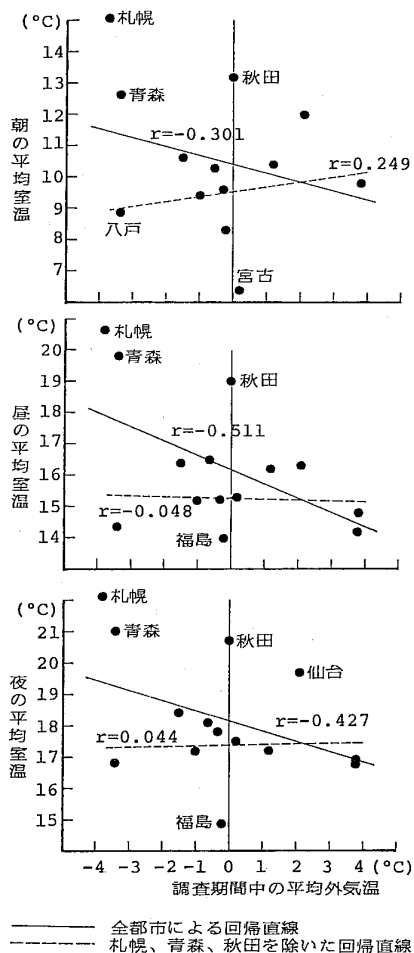


図-7 各都市の室温の平均値と分散



図一八 都市ごとの平均室温と平均外気温との関係

する方式の住戸が多いようであるから^{文7)}、札幌は暖房方式の点で青森、秋田とは異なっていると考えられる。

一方、集合住宅については、夜の室温はそれぞれの独立住宅における値とほぼ変わらないが、朝の平均室温は独立住宅よりも札幌で5.0°C、仙台で2.5°C高い。

(4) 使用暖房器具と室温との関係

各住戸で最もよく使用している主暖房器具、および補助暖房器具を基に住戸を分類し、それぞれの平均室温を

表一 使用暖房器具と室温

	補助暖房器具			計
	電気こたつ	その他 ^{※1}	無し	
セントラル	16	3	24	43
	18.3	18.2	20.1	19.3
FFストーブ	124	9	92	225
	18.4	21.8	19.2	18.8
煙突付ストーブ	18	2	79	99
	19.2	19.8	20.7	20.4
開放型ストーブ	303	17	127	447
	16.9	17.6	17.7	17.2
その他 ^{※2}	50	2	18	70
	14.9	17.7	16.8	15.5
計	511	33	340	884
	17.2	18.9	18.9	17.9

上段：反応住戸数
下段：反応した住戸の夜の全平均室温(°C)

※1 電気カーペット、電気パネルヒーターなど。
※2 こたつ等以外には使用していない住戸も含む。

求めた。データに欠測のある住戸は除いて全都市まとめて表一2に示す。開放型ストーブと電気こたつの併用が303戸(34%)と最も多く、FFストーブと電気こたつの併用を加えると427戸(48%)となる。開放型ストーブを主暖房器具とする住戸の中では約7割が電気こたつを使用している。一方煙突付ストーブを主暖房器具としている住戸の中で補助暖房器具を使用している住戸は2割にすぎない。平均室温が最も高い住戸群は、FFストーブを主として使用し、電気カーペットなどを併用している住戸で21.8°Cである。次いで煙突付ストーブを主として使用し、補助暖房器具なしの住戸が20.7°C、セントラル・ヒーティングを主とし補助暖房器具なしの住戸が20.1°Cである。主暖房器具だけの分類で見ると、煙突付ストーブを使用している住戸が20.4°Cと最も高く、開放型ストーブは17.2°C、その他を主とする住戸は15.5°Cである。また、補助暖房器具の分類からみると、電気こたつを使用している住戸は17.2°Cであり、電気こたつを使用していない住戸に比べて約2°C低い。すなわち、こたつを使用していれば室温が多少低くても、快適感は損なわれていないものと推察される。

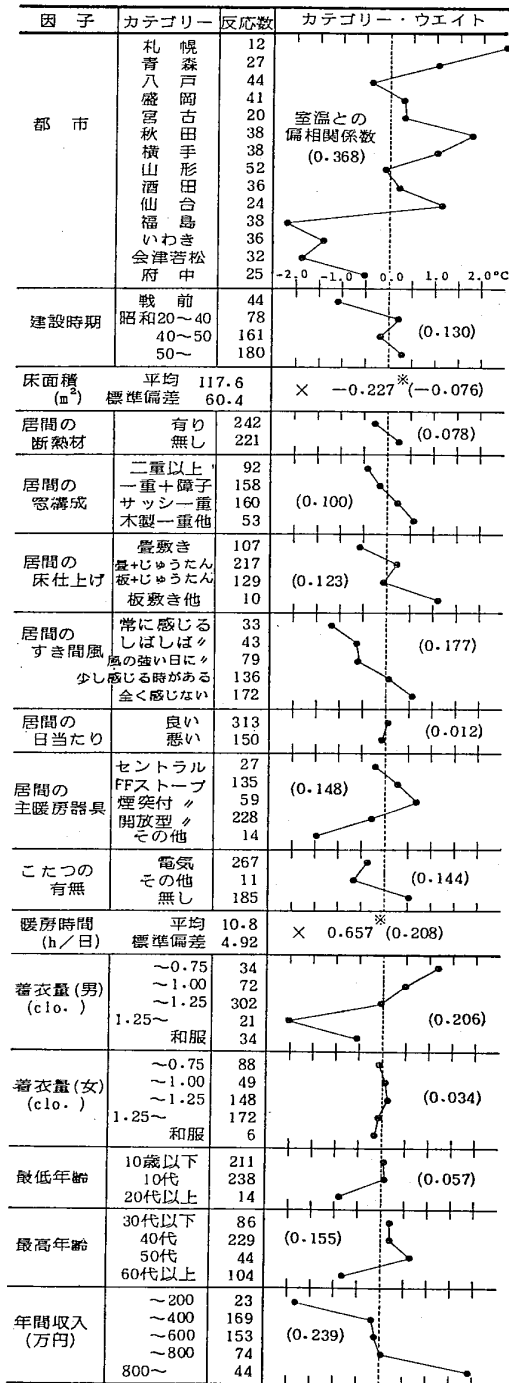
4. 数量化理論を用いた居住性能に関する分析

4.1 団らん時の室温に及ぼす因子の影響度

前節では室温と地域性および室温と暖房器具との関係について分析した。しかし、“各都市における夜の室温の度数分布”から求められる室温と地域との相関比^{註4)}は0.44、また、“主暖房器具によって分類された住戸における夜の室温の度数分布”から求められる室温と主暖房器具との相関比は0.39であり、住戸による室温のばらつきをこの二つの因子だけで説明するには不十分である。そこで、団らん時の室温に及ぼす因子の総合的な影響度を明らかにするために、数量化理論I類^{註5)}による分析を行った。目的変数は夜の室温であり、説明変数としては室温と関連が深いと考えられる16因子を選んだ。結果を図一9に示す。

重相関係数は0.64、寄与率は0.41である。室温への寄与が大きい因子は、都市、年間収入、暖房時間、男性の着衣量、居間の隙間風、などである。居間の日当たり、床面積、居間の断熱材、などは偏相関が小さく影響は小さい。室温に対する寄与が大きい因子を詳しく見ると以下の通りである。①都市では、札幌、秋田のウェイトが高く、福島、いわき、会津若松が低い。札幌と福島のウェイトの差は4.7°Cと大きい。②隙間風を感じている住戸ほどウェイトは低く、“常に感じる”と“全く感じない”とでは1.7°Cの差がある。③使用暖房器具については、煙突付ストーブを使用している住戸が最も高く、次いでFFストーブ、セントラル・ヒーティング、開放型ストーブの順となる。こたつは使用していない方が高い。これ

目的変数	団らん時の室温	平均	18.4°C
		標準偏差	3.58°C
サンプル数	463戸(独立住宅)		
重相関係数	0.641 (寄与率 0.410)		



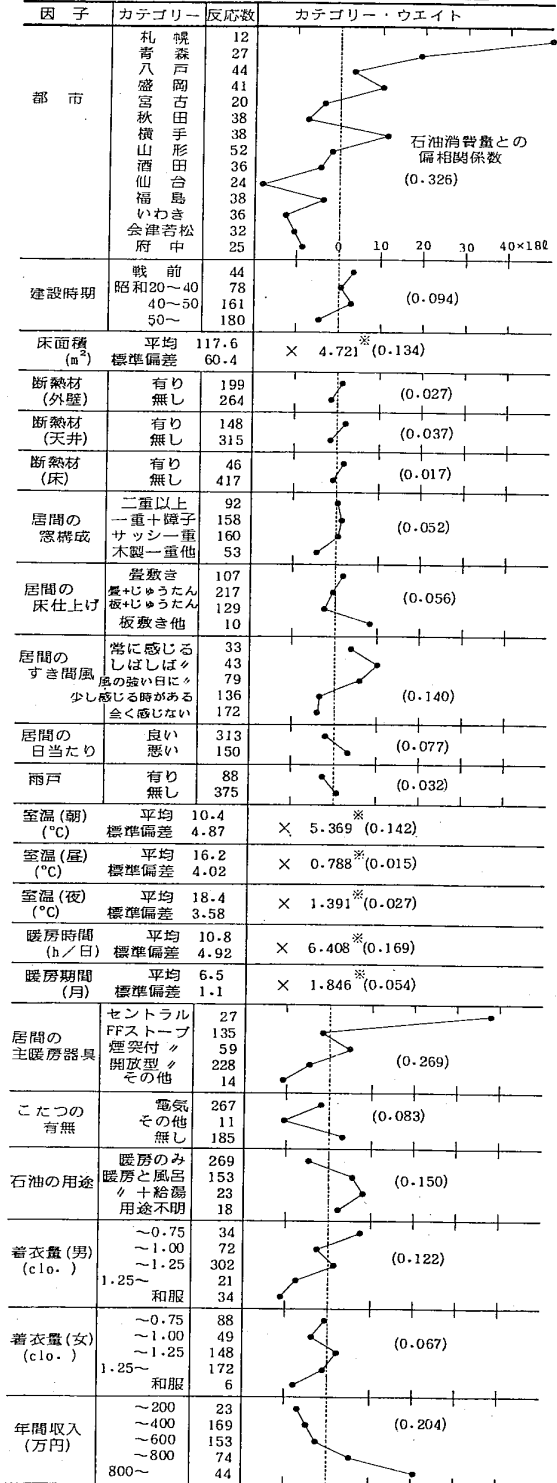
※平均0、分散1に標準化した連続変数に対する偏回帰係数

図-9 団らん時の室温の数量化理論I類による分析結果

らは表-2の結果と対応するが、セントラル・ヒーティングのウエイトはやや低めである。これは、札幌ではセントラル・ヒーティングの住戸が多いことと同時に暖房時間が長いことから、暖房時間の因子で室温のばらつきが説明されてしまっているためであると推察される。④暖房時間が長いほど室温は高く、4.9時間(標準偏差)の違いで0.66°C(偏回帰係数)の差がある。⑤着衣量については、男性(主人)の場合、clo. 値の増大に伴っ

てウエイトは低くなり、0.75 clo. 以下と1.25 clo. 以上では3.2°Cの差がある。一方、女性(主婦)の場合にはウエイトはほとんど0である。室温は男性の着衣量に合せて調節されている傾向がみられる。⑥年間収入については200万円以下で室温が低く、800万円以上で高い。その差は3.7°Cである。両者の中間ではほとんど

目的変数	一冬の石油消費量	平均	52.7×18ℓ
		標準偏差	43.2×18ℓ
サンプル数	463戸(独立住宅)		
重相関係数	0.683 (寄与率 0.466)		



※平均0、分散1に標準化した連続変数に対する偏回帰係数

図-10 冬期の石油消費量の数量化理論I類による分析結果

差がない。

以上のように、因子の中では都市による寄与が最も大きい。各都市のウェイトは、都市以外の因子（説明変数）であるシェルター性能や暖房条件では説明されない自然環境条件や社会環境条件などの相異に対応するものと推察される。そこで自然環境条件を代表する因子として暖房度日を、また社会環境条件を代表する因子として都市別民力総合指数^{文8)}を用い、これらの因子と各都市のウェイトとの相関係数を求めると、いずれも0.5程度であり、この二つの因子による重相関係数は0.65であった。従って、都市のウェイトの差を暖房度日と民力だけで説明するには不十分であり、この点に関しては今後さらに検討する必要がある。

4.2 石油消費量に及ぼす因子の影響度

図-3で示したように、冬期の石油消費量は地域的な差が著しく大きい。また、冒頭で述べたごとく、エネルギー消費量は居住性能の構成要素の一つであるから、エネルギー消費量の中で大きな割合を占める石油消費量とそれに関連する因子との関係を明らかにすることは、エネルギー消費量の今後の動向を予測する、あるいはエネルギー節約の可能性を検討する上で重要である。そこで、目的変数を冬期の石油消費量、説明変数を図-10に示す22因子として、数量化理論Ⅰ類による分析を行った。結果を図-10に示す。

重相関係数は0.68、寄与率は0.47である。石油消費量に影響を与える因子は、偏相関の大きい順に、都市、暖房器具、年間収入、暖房時間、石油の用途、朝の室温などであり、断熱材、昼や夜の室温、雨戸などの影響は小さい。因子別の影響を詳しく見れば以下の通りである。
 ①都市の中では札幌が平均値に対して50缶（1缶18*l*）も多く、仙台が特に少ない。その差は69缶にもおよび。
 ②床面積が大きいほど消費量は増え、標準偏差と偏回帰係数の関係から60m²の増加に対して石油消費量は4.7缶増加することが判る。
 ③朝の室温が高いほど石油消費量も増加し、その割合は4.9°Cに対して5.4缶である。
 ④暖房時間が長いほど消費量は増加し、4.9時間の変化に対して6.4缶の差が生じる。
 ⑤暖房器具ではセントラル・ヒーティングの使用住戸が平均値に対して38缶も多く、それ以外の器具の差は小さい。
 ⑥石油の用途が増すに従って消費量も増加し、ウェイトは暖房のみで4缶、風呂が加わると6缶、さらに給湯が加わると8缶となる。
 ⑦年間収入が多いほど消費量は増え、ウェイトの差は最大で27缶である。

以上の因子の中では都市の寄与が最も大きい。札幌で消費量が多い理由は、外気温が低いこと、札幌の住宅では他の都市に比べて暖房面積が広いことなどであると推察される。

一方、札幌を除けば、どの都市の住宅でも一室暖房が

基本であるから、都市のウェイトは主として自然環境条件を反映していると考えられる。そこで各都市のウェイトと暖房度日との相関係数を算出してみると0.64（札幌を含めると0.77）であり、また、12月から2月の平年の月平均最低気温と各都市のウェイトとの相関係数は-0.65（札幌を含めると-0.83）であった。従って、東北地方における都市のウェイトの差は冬の寒さだけでは十分説明されるとは言えないようである。

4.3 熱環境からみた居住性能に関する地域特性の分析

居住性能に関する地域特性を総合的に明らかにするために、数量化理論Ⅲ類^{注6)}による分析を行った。使用した因子は表-3に示す22因子、77カテゴリーである。

表-3 数量化理論Ⅲ類で用いた因子

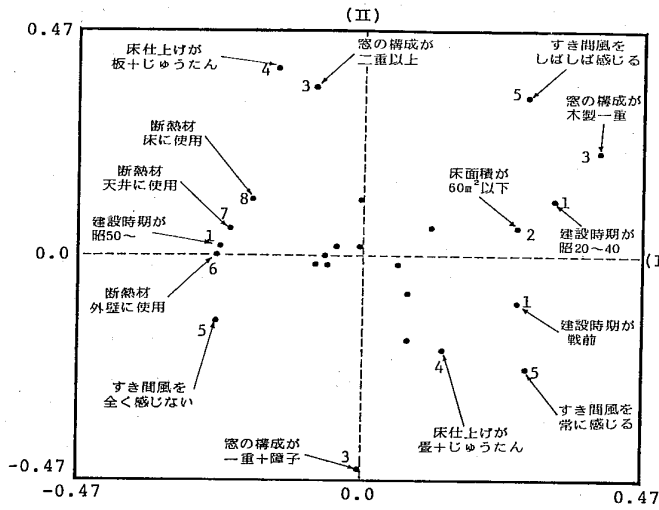
	No.	因子及びカテゴリー数	
シェルター性能	1	建設時期 4	↑ シェルター性能 ↓
	2	床面積 4	
	3	居間の窓構成 4	
	4	居間の床構成 4	
	5	すき間風の感じ方 5	
	6	外壁に断熱材使用 1	
	7	天井に断熱材使用 1	
	8	床に断熱材使用 1	
	9	日当たりが良い 1	
	10	雨戸有り 1	
温熱環境	11	朝の居間室温 5	↑ 暖 ↓
	12	昼の居間室温 4	
	13	夜の居間室温 4	
エネルギー消費量	14	冬期の石油消費量 4	↑ 房 ↓
	15	主暖房器具 5	
設備	16	こたつの有無 3	↑ 形 ↓ 態
	17	暖房時間 5	
住い方	18	暖房開始時期 3	↑ 人 ↓ 間
	19	暖房終了時期 3	
	20	男性の着衣量 5	
	21	女性の着衣量 5	
居住者特性	22	年間収入 5	↓

(1) シェルター性能に関する因子を用いた分析

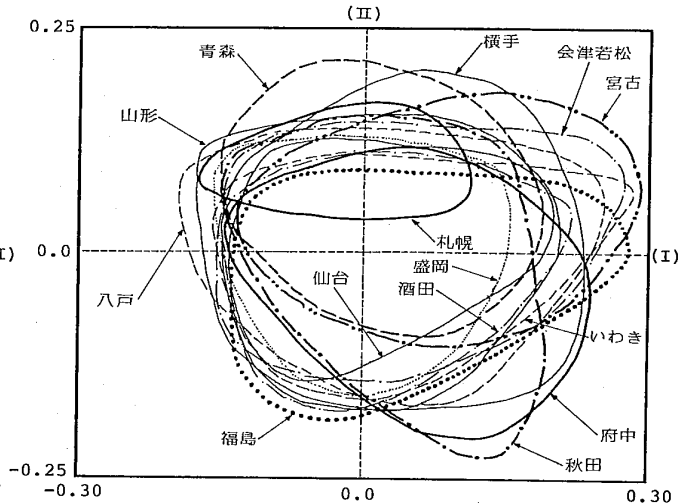
住戸のシェルター性能を示す因子として、表-3の1~10までの因子を用いて分析を行った。計算結果から相関係数の高い順に得られたⅠ軸、Ⅱ軸に関するカテゴリーの散布図を図-11(a)に、住戸の散布図から得られた各都市の範囲を図-11(b)に示す。ただし、都市の範囲を定める際には、極端に離れた住戸は除外した。

カテゴリーの散布図によると、Ⅰ軸が負の領域において「建設時期が昭和50年代」「断熱材を使用」「窓の構成が二重以上」「隙間風を全く感じない」といったカテゴリーが布置され、Ⅰ軸はシェルター性能の優劣に対応している軸と考えられる。Ⅱ軸では「窓の構成が一重+障子」が負、「窓の構成が二重以上」「床仕上げが板+じゅうたん」「隙間風をしばしば感じる」が正の領域に布置され、はっきりした特徴は示されていない。

一方、図-11(b)によれば、各都市における住戸のばらつきは大きく、札幌を除くと都市間の差は小さい。カテゴリーの散布図と対応させてみると、札幌では窓の構成が二重以上で、断熱材が使用され、建設時期は昭和50年代、床が板敷きにじゅうたん、という住戸が多く、シェルター性能が比較的良い位置にまとまっている。

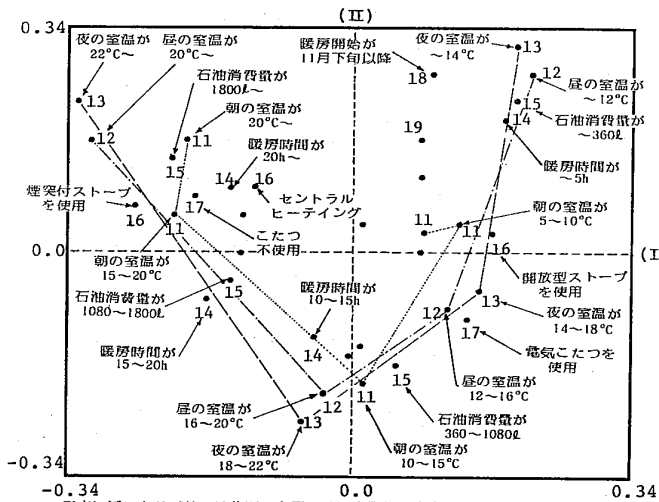


(a) カテゴリーの散布図 (数字は因子の番号)

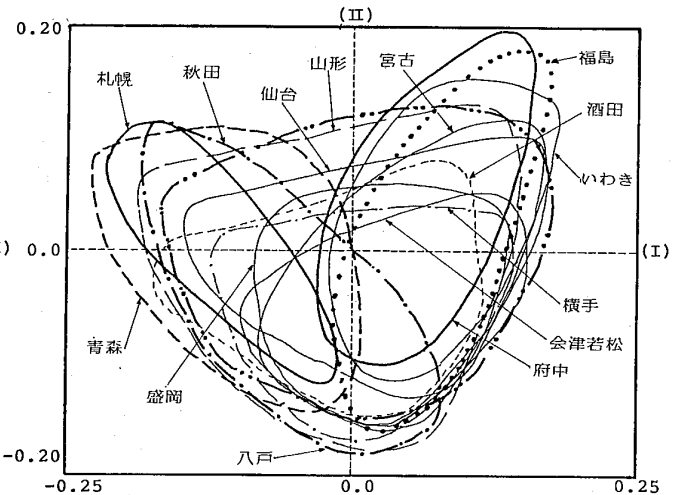


(b) 住戸の散布図から得られた各都市の範囲

図-11 シェルター性能に関する数量化理論Ⅲ類の分析結果



(a) カテゴリーの散布図 (数字は因子の番号)



(b) 住戸の散布図から得られた各都市の範囲

図-12 暖房形態に関する数量化理論Ⅲ類の分析結果

以上の結果、シェルター性能については住戸によるばらつきが大きく、札幌を除くと地域的な差は少ないと言えよう。

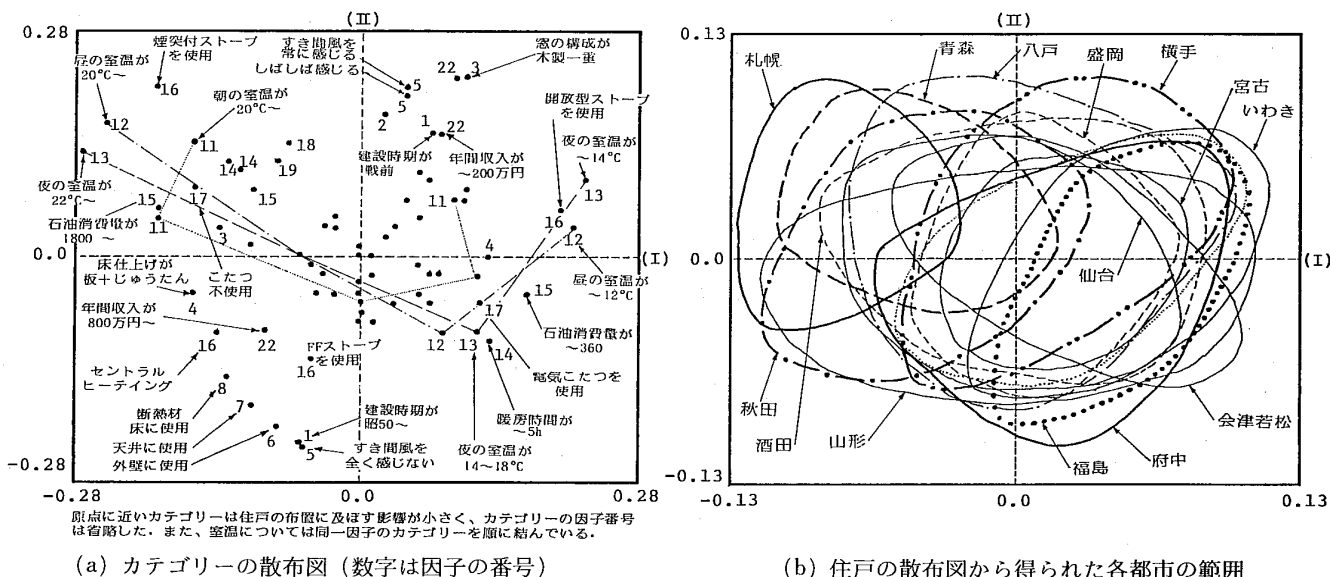
(2) 暖房形態に関する因子を用いた分析

暖房形態に関する因子として表-3の11~19までを用いた。結果を図-12(a)、(b)に示す。カテゴリーの散布図をみると、室温、暖房時間、石油消費量のそれぞれの平均値を含むカテゴリーはI軸が0付近、II軸が負の領域に現れている。またI軸が負、II軸が正になるほど室温は高く、暖房時間は長く、石油消費量が多いというカテゴリーが布置される。一方I軸、II軸がともに正の領域では逆になる。また、I軸が負、II軸が正で室温が高いというカテゴリーが布置される領域に、セントラル・ヒーティングや煙突付ストーブが現れ、室温が低いというカテゴリーが現れる領域の近くに開放型ストー

ブ、電気こたつが布置される。

住戸の散布図を見ると、都市によって次の3群に区別できる。①I軸の正の領域に布置し分布の形が右上がりとなっているグループ—宮古、福島、いわき、府中。これらの住戸では室温が相対的に低く、暖房器具は開放型ストーブや電気こたつが中心となる。②I軸の負の領域に布置し分布の形が左上がりとなるグループ—札幌、青森、秋田。これらの住宅では室温が相対的に高く、セントラル・ヒーティングや煙突付ストーブを使用し、こたつは使用していない。③上記①、②の両方にまたがりII軸を中心にほぼ対称に分布するグループ—八戸、盛岡、横手、山形、酒田、仙台、会津若松。これらの地域では様々な暖房形態の住戸が混在し、ばらつきが大きい。

(3) 熱環境からみた居住性能に関する因子を用いた分析



図一13 温熱環境全般に関する数量化理論Ⅲ類の分析結果

表一3に示すすべての因子を用いて分析した結果を図一13(a), (b)に示す。暖房に関するカテゴリーは、図一12とほとんど同じ傾向で布置されている。また、Ⅱ軸はシェルター性能を示し、負の領域に性能の良いことを示すカテゴリーが布置される。年間収入は、シェルター性能の良いことを示すカテゴリーの近くに、多いというカテゴリーが布置され、着衣量はどのカテゴリーも原点近くに布置され、住戸のばらつきに対する寄与は小さい。全般にⅠ、Ⅱ軸がともに負の領域に、シェルター性能が良好で室温が高いことに対応するカテゴリーが布置されている。

住戸の散布図は、図一11(b), 図一12(b)に比べると地域の差は明確ではないが、札幌が他の都市とは著しく異なっていることが明らかである。また、青森、秋田は比較的札幌に近い分布を示し、宮古、福島、いわき、府中はⅠ軸の正の領域で右上がりの傾向を示し、札幌とは対照的であることがわかる。

5. 結論

①東北地方12都市および札幌、東京(府中)の独立住宅を対象としてアンケート調査と居間の室温調査を実施し、地域特性に関して数量化理論等による分析を行った。その結果、札幌とその他の都市では、居住性能に大きな差のあることがわかった。東北地方の中での地域差は札幌との差に比べると小さいが、概ね次の3グループに類型化できた。i)居住性能が比較的札幌に近い、青森、秋田。ii)札幌とは対照的な居住性能を示し、府中と同グループと見なせる、宮古、福島、いわき。iii)上記i)ii)の中間に位置し、両者にまたがる、八戸、盛岡、横手、山形、酒田、仙台、会津若松。

②3グループの差異は室温と暖房形態によるところが大きい。i)では室温が高く、暖房時間が長く、石油消費量が多く、ii)ではいずれも逆である。iii)では因子

によって異なり、住戸によるばらつきが大きい。

③断熱材の有無、窓や床の構成などの住戸のシェルター性能については、札幌とその他の都市とに二分され、東北地方の中での差は小さい。ただし、居間の窓ガラスが二重以上の住戸は青森で多く、八戸以南ではサッシと障子による二重の住戸が増加する。

④室温の全平均は、朝が 10.2°C 、昼が 16.0°C 、夜が 17.9°C である。夜の室温の平均値は、札幌、青森、秋田で 20°C を超えているのに対して、①で述べたii)のグループの都市はいずれも全平均より低く、特に福島では 14.9°C と最も低い。居間の暖房器具は、札幌、青森、秋田で煙突付ストーブが多く、他の都市では開放型ストーブと電気こたつの併用が中心である。

⑤数量化理論Ⅰ類による分析の結果、団らん時の室温のばらつきに大きく寄与する因子は、暖房時間、年間収入、男性の着衣量、隙間風の感じ方、暖房器具などである。断熱材や日当たりの良さなどの寄与は小さい。一方、冬の石油消費量のばらつきに対しては、暖房器具、年間収入、暖房時間、石油の用途などの寄与が大きい。しかし、これらの因子を考慮しても室温および石油消費量の都市間の差は大きい。特に札幌では室温が高く、石油消費量が多い。これは、札幌では暖房面積が大きいこと、外気温が低いことなどによると推察される。しかし札幌を除いた東北地方の都市間の差については、民力や冬の寒さとの関連を調べたが、十分説明できなかった。

あとがき

本論文をまとめるに当たっては、ダウ化工(株)山田雅士氏、山内設計室(株)山内毅氏から多くの助言を頂いた。また、調査に当たっては、各都市の教育委員会、学校の関係者の方々、調査対象住戸の居住者の皆様に御協力頂いた。関係各位に心から謝意を表す次第である。

注

- 1) 平年の冬期に使用される量とは「灯油のひと冬の使用量は例年どのくらいですか」という質問に対する回答を基にしている。
- 2) 暖房度日は1941年から1970年の平年月平均値を基に、 D_{18-18} として算出した。ただし、都市によっては年数がやや短い場合もある。
- 3) クラスタ分析はサンプル間の距離のみを基にサンプルを分類する手法である。ここでは標準コクリッド距離とWard法を用いて分析を行った。
- 4) 相関比は、一方がカテゴリーデータ、他方が連続変数である場合に両者の関連度を示す指標である。相関比 η は次式で表わされる。

$$\eta = \sqrt{1 - S_w/S} \quad \left\{ \begin{array}{l} S : \text{全分散} \\ S_w : \text{級内分散(カテゴリーごとに求めた分散の和)} \end{array} \right.$$

相関比は $[0, +1]$ の値を取り、値が大きいほどカテゴリーごとの分布に差が見られ、関連度が高い。

- 5) 数量化理論Ⅰ類は、連続変数(目的変数)をいくつかのカテゴリーデータ(説明変数)で予測するための手法である。本論文では、目的変数を y 、説明変数のうち連続変数を x_i 、カテゴリーデータを δ_{ik} (因子 j のカテゴリー k に反応していれば1、それ以外で0)とすると、

$$y = \bar{y} + \sum_i a_i x_i + \sum_j \sum_k b_{jk} \delta_{jk} + e$$

というモデルを設定し、 $\sum e^2$ が最小となるように偏回帰係数 a_i 、カテゴリーウェイト b_{jk} を求めている。

- 6) 数量化理論Ⅲ類とは、カテゴリーに対する反応の仕方の似ているサンプルが近くなるように、一方反応のされ方の似ているカテゴリーが近くなるように、サンプルとカテゴリーをそれぞれ数量化する方法である。すなわちサンプルスコアを x_i 、カテゴリースコアを y_j とすると、両者の相関係数

$$r = \frac{\sum_i \sum_j \delta_i(j)(x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i \sum_j \delta_i(j)(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i \sum_j \delta_i(j)(y_j - \bar{y})^2}}$$

(ただし、 $\delta_i(j)$: サンプル i がカテゴリー j に反応するとき1、それ以外で0)が最大となるように x_i, y_j を求める方法である。 x_i, y_j によって、サンプルとカテゴリーの分類が可能となる。

本論文に関連する既発表論文

- 1) 菊田道宣, 長谷川房雄, 吉野 博, 沢田紘次, 石川善美: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その13, 東北地方12都市及び札幌, 東京を対象としたアンケート調査の単純集計結果, 日本建築学会東北支部研究報告集 第40号, 昭和57年11月
- 2) 菊田道宣, 長谷川房雄, 吉野 博, 沢田紘次, 石川善美, 赤林伸一: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その14, 東北地方12都市及び札幌, 東京を対象としたアンケート調査の室温に関する分析結果, 日本建築学会東北支部研究報告集 第41号, 昭和58年3月

参考文献

- 3) 長谷川房雄, 吉野 博, 赤林伸一: 東北地方都市部の木造独立住宅における冬期の温熱環境に関する調査研究, 日本建築学会論文報告集 第326号, 昭和58年4月
- 4) Hiroshi Shitara: A Climatological Analysis of the Weather Distribution in Tohoku District in Winter, the Science Reports of the Tohoku University Seventh Series (Geography) No.15 1966 March
- 5) 山田真人, 長谷川房雄, 吉野 博: 東北地方における冬期の気候特性と建築環境に関する多変量解析法による分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和58年9月
- 6) 菊田道宣, 長谷川房雄, 新井宏朋, 吉野 博, 岩崎 清, 赤林伸一: 東北地方の住宅における温熱環境調査 その12, 脳卒中死亡率の異なる山形県郡部の二つの町における比較調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和57年10月
- 7) 絵内正道, 荒谷 登: 居住室の温熱環境の実態, その1・寒さに応じた住い方と室温変動パターンについて, 日本建築学会論文報告集 第264号, 昭和53年2月
- 8) 別冊民力'78, 朝日新聞社, 1978

SYNOPSIS

UDC : 697.1(521.1)

ANALYSIS ON REGIONAL CHARACTERISTICS OF WINTER THERMAL PERFORMANCE AND OCCUPANT'S BEHAVIOR OF DETACHED HOUSES IN TOHOKU CITY AREA

by Dr. **HIROSHI YOSHINO**, Assoc. Prof., Tohoku University, Dr. **FUSAO HASEGAWA**, Prof., Tohoku University, **KOUJI SAWADA**, Assoc. Prof., Hachinohe Institute of Technology, **YOSHIMI ISHIKAWA**, Assist. Prof., Tohoku University, **SHINICHI AKABAYASHI**, University of Tokyo and **MICHINOBU KIKUTA**, Sato Kogyo Engineering Research Institute, Members of A.I.J.

The thermal performance and occupant's behavior of about 1000 detached houses in Tohoku city area and also in Sapporo and Tokyo as references were investigated in winter of 1982 by means of questionnaire and liquid-crystal thermometers. The regional characteristics of such thermal performance and occupant's behavior of houses was analysed by a multi-variate analysis method. The results are shown as follows :

1. It was found that the cities of Tohoku area could be divided into three groups from the view point of thermal performance and occupant's behavior. Aomori and Akita were comparatively similar to Sapporo. Miyako, Fukushima and Iwaki were almost equal to Tokyo.

2. Among many factors of thermal performance and occupant's behavior, the room temperature, hours of heating, heating apparatuses, oil consumption, etc. were different between above three groups. In Aomori and Akita, the living room temperature is higher, the hours of heating is longer and oil consumption is greater than the other groups. In Miyako, Fukushima and Iwaki, the opposite characteristics was found. In the other cities, such factors were distributed between each house.

On the other hand, there were little difference in performance level of thermal insulation and air-tightness between three groups, except that only in Aomori, windows usually were furnished with double glazings.

3. Average air temperature in living room of all houses during heating time after supper was 17.9°C. Average living room temperature is more than 20°C in Sapporo, Aomori and Akita, and was less than 18°C in Miyako, Fukushima and Iwaki. Especially the living room temperature in Fukushima is as low as 14.9°C.