

# 中国における住宅の暖房負荷の地域特性

## REGIONAL CHARACTERISTICS OF HEATING LOADS FOR APARTMENT HOUSES IN CHINA

張 晴 原\*, 浅野賢二\*\*, 林 徹夫\*\*\*, 今井 計\*\*\*\*  
*Qingyuan ZHANG, Kenji ASANO, Tetsuo HA YASHI  
and Hajime IMAI*

In this study, the Typical Weather Year data for the simulations of buildings were developed following the previous study. Using these data, the annual heating loads of 46 Chinese cities were calculated. A regression equation was made to estimate the annual heating loads using the simulation results. The regional characteristics of the annual heating loads were made clear. The main conclusions from this study are as follows: a. The number of cities whose Typical Weather Data were developed were increased to 46 from 25; b. A regression equation was developed to estimate the seasonal heating loads, the results from which agree with the simulation very well; c. A map with isometric lines of heating loads was developed; and d. The annual heating loads are decided not only by the latitude but also by the altitude of the location.

Keywords: annual heating loads, regional characteristics, simulations, regression equation  
年間暖房負荷, 地域特性, シミュレーション, 回帰式

### 1. はじめに

近年, 急速な経済成長に伴って, 中国における民生用エネルギーの消費量が著しく増大している。特に都市部では, 空調設備の普及が, 民生用エネルギー消費の顕著な伸びの主因になっている。そのため, 省エネルギー対策の立案やCO<sub>2</sub>排出量の予測などには, 住宅のエネルギー消費, 取り分け空調用エネルギー消費状況の解明が重要な課題になっている。

空調用エネルギー消費量の解析に調査的研究は有効な方法であるが, コンピュータシミュレーションによる解析方法も確立されつつある。これまでは, 建物の熱的シミュレーション用気象データがほとんどないため, 中国での建物の年間空調負荷計算およびその地域特性の検討は困難であった。空調設備設計用の気象データはあるが, それはあくまでも空調設備の最大負荷を計算するためのもので, 年間エネルギー消費量の解析に不向きである。LinとMatsuoは簡易式によるアジアにおける年間空調負荷の地域分布について調べている<sup>1)</sup>が, サンプル数が少ないためか, 地形や標高などが暖房負荷に及ぼす影響は反映されていない。著者らが中国の主要都市における標準年気象データを開発したことにより<sup>2)</sup>, 建物の年間シミュレーションがはじめて可能になった。

本報は中国の主要都市における標準年気象データを用いて住宅の

シミュレーションを行い, それに基づいて作成した回帰式を用いて暖房負荷の地域特性を解明しようとするものである。まず, 既報で開発された手法を用いて, 標準年気象データの対象都市を25から46にした。次に, 2種類の集合住宅モデルを想定し, 上述した46都市での年間暖房負荷を計算した。さらに, 暖房ディグリーデー, 冬季日積算日射量などの気象要素および熱損失係数, 日射熱取得係数などの住宅の熱的要素を用いて, 年間暖房負荷を予測するための重回帰式を作成した。最後に, 530地点の住宅年間暖房負荷を求め, 中国における年間暖房負荷の等値線図を作成した。

### 2. 標準年気象データの概要

著者らは既報<sup>2)</sup>では, 1982年から1997年まで16年間の3時間間隔の観測気象データを用いて, 中国における25都市の標準年気象データを開発している。観測気象データの中に日射量が含まれていないため, 多変量回帰に基づいて日射量の推定式を求めている。また, 乾球温度, 相対湿度, 日射量および風速の月平均値および累積度数関数に基づいて平均月を選出した。さらに, 調和分析および多変量回帰を用いて, 3時間データに対して補間を施した。本報では, 既報に引き続いて標準年気象データを作成し, その対象都市を25から46に拡大した。なお, 本報にお

\* 筑波技術短期大学建築工学科 助教授・工博

\*\* 筑波技術短期大学建築工学科 教授・工修

\*\*\* 九州大学大学院総合理工学研究科環境エネルギー工学専攻 工博

\*\*\*\* 筑波技術短期大学建築工学科 助手・工修

Assoc. Prof., Dept. of Architectural Eng., Tsukuba College of Tech., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architectural Eng., Tsukuba College of Tech., M. Eng.

Department of Energy and Environmental Engineering, Kyushu University, Dr. Eng.

Research Assoc., Dept. of Architectural Eng., Tsukuba College of Tech., M. Eng.

表1 標準年気象データの対象都市一覧および各地の月平均気温、相対湿度

都市	緯度 経度	1月		2月		3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		年平均
		A		As		A		As		A		As		A		As		A		As		A		As		
		A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	A	As	
北京	39°56'N 116°17'E	-2.9	-3.4	0.2	0.1	6.5	7.2	14.7	14.8	20.6	21.1	24.7	25.2	26.1	25.8	25.2	25.4	20.2	19.9	13.7	13.9	5.0	5.9	-0.9	-0.7	12.8
長春	43°54'N 125°13'E	-14.9	-15.6	-10.2	-10.1	-1.8	-2.4	8.1	8.3	15.5	14.9	20.5	20.4	22.7	22.6	22.1	21.8	15.3	15.7	7.6	8.3	-3.0	-2.6	-11.5	-11.7	5.9
長沙	28°14'N 112°52'E	5.0	4.8	6.4	6.2	10.0	10.3	17.0	17.2	22.2	21.9	25.5	25.2	28.9	29.7	28.3	28.2	23.6	23.8	18.1	18.5	12.8	12.5	7.1	7.4	17.1
成都	30°40'N 104°01'E	5.7	5.9	7.4	7.7	11.0	11.3	16.3	16.3	21.4	21.7	23.8	23.7	25.1	24.8	25.0	24.8	21.6	21.6	16.9	16.9	12.3	12.2	7.2	7.2	6.8
大連	38°54'N 121°38'E	-3.8	-3.6	-1.9	-2.0	3.3	3.8	10.4	10.2	16.0	15.5	20.2	20.4	23.2	23.0	24.2	24.0	20.4	20.4	14.0	14.0	6.0	5.5	-0.6	-0.6	10.9
丹東	40°03'N 124°20'E	-7.4	-6.6	-4.0	-4.0	2.1	2.4	8.8	9.0	15.0	14.8	19.5	19.5	22.7	23.1	23.6	24.1	18.1	17.6	11.2	10.8	2.8	2.8	-4.6	-5.2	9.0
定海	30°02'N 122°07'E	5.9	5.8	6.3	6.1	9.0	9.3	14.1	13.9	19.0	19.2	22.8	23.4	26.9	27.2	27.1	27.0	23.9	24.2	19.2	19.0	14.4	14.0	8.5	8.8	16.4
福州	26°05'N 119°17'E	10.8	10.3	10.9	11.4	13.3	13.6	17.8	17.8	22.3	22.1	25.9	25.8	29.1	29.3	28.6	28.7	25.8	25.9	21.9	21.4	17.9	17.3	13.0	12.3	19.6
格爾木	36°25'N 94°54'E	-9.5	-8.6	-4.9	-4.8	0.8	1.0	6.4	6.4	11.7	12.0	15.4	16.0	17.7	17.3	17.1	17.4	12.5	13.0	5.4	5.5	-1.9	-1.9	-7.1	-6.9	5.3
広州	23°08'N 113°19'E	13.9	13.1	14.6	14.2	17.6	17.4	22.1	22.4	25.7	25.8	27.7	27.6	28.8	29.0	28.9	28.6	27.5	27.6	24.5	24.4	20.3	20.5	15.5	16.2	22.3
桂林	25°20'N 110°18'E	6.6	6.1	7.6	8.0	8.1	8.3	8.2	8.4	8.1	8.3	8.2	8.2	7.9	8.0	7.7	8.1	7.5	7.9	6.5	6.6	6.3	6.7	6.1	6.7	74.0
貴陽	26°35'N 106°43'E	5.3	5.0	6.3	7.2	10.7	10.7	15.8	16.3	19.9	19.4	22.3	22.5	24.0	23.4	23.8	23.6	20.9	20.4	16.2	16.1	12.3	12.0	7.7	8.6	15.4
哈密	42°49'N 93°31'E	-9.1	-9.9	-3.4	-3.9	4.9	4.7	13.5	13.3	20.0	20.1	24.5	24.2	26.3	26.0	24.5	25.3	18.3	18.5	9.9	10.0	0.4	1.2	-7.2	-6.9	10.2
杭州	30°14'N 120°10'E	4.3	4.3	5.7	5.5	9.5	9.7	15.7	16.0	21.0	20.9	24.4	24.9	28.7	28.5	27.8	27.3	23.3	23.8	18.2	17.8	12.9	13.0	6.8	7.2	16.5
哈尔滨	45°45'N 126°46'E	-18.2	-18.5	-13.2	-13.9	-3.0	-3.2	7.1	7.5	14.7	14.8	19.8	19.7	22.3	21.9	21.4	21.6	14.3	14.0	6.0	5.5	-4.9	-4.6	-14.3	-13.9	4.3
合肥	31°52'N 117°14'E	6.8	6.8	6.4	7.1	4.7	5.2	4.6	4.4	4.7	6.2	6.9	7.6	8.1	7.8	8.3	6.9	7.2	7.5	5.8	5.8	6.0	6.3	6.6	6.5	61.1
呼和浩特	40°49'N 111°41'E	-11.0	-11.2	-6.7	-6.5	0.2	0.0	8.8	9.0	16.3	15.9	20.3	20.1	22.4	22.4	20.5	14.9	15.8	7.7	8.2	-1.9	-1.8	-9.0	-8.7	6.9	
済南	36°41'N 116°59'E	-0.2	-0.7	2.4	3.3	7.9	8.2	16.4	16.8	21.8	22.0	26.3	26.3	27.5	27.7	26.4	26.6	22.1	22.9	16.4	17.1	8.4	7.5	1.8	2.0	14.8
景德鎮	29°18'N 117°12'E	5.9	5.9	7.2	7.1	10.9	11.1	17.2	16.8	22.2	21.9	25.5	26.0	28.9	28.9	28.6	28.7	24.4	23.9	19.1	18.8	13.2	13.0	7.4	7.1	17.5
鶏西	45°17'N 130°57'E	-16.4	-15.6	-11.5	-9.5	-3.2	-2.9	6.6	6.6	13.5	15.8	18.4	18.4	21.3	21.4	21.1	20.9	14.2	16.3	6.0	6.3	-4.4	-4.3	-13.2	-13.5	4.4
喀什	39°28'N 75°59'E	-7.1	-5.5	-0.3	-0.6	7.1	7.6	15.0	15.4	19.3	19.4	23.1	23.1	25.3	24.9	24.0	23.8	18.8	18.0	11.3	11.2	3.2	3.4	-3.1	-3.0	11.4
庫爾勒	41°45'N 86°08'E	-6.3	-6.0	-0.9	-0.9	7.2	7.6	15.4	15.6	20.6	20.4	24.4	23.7	26.5	28.7	25.5	27.1	20.2	20.0	11.7	12.4	2.0	2.8	-4.8	-4.9	11.8
昆明	25°01'N 102°41'E	8.1	8.4	10.2	10.4	13.4	14.2	16.5	16.5	19.3	19.2	20.2	20.4	19.9	20.1	19.6	19.5	17.9	18.3	15.3	15.6	11.9	11.9	8.2	7.8	15.0
蘭州	36°03'N 103°53'E	-4.9	-5.0	-0.5	0.2	5.4	5.3	12.1	12.1	16.7	16.5	20.2	20.1	22.4	21.9	21.1	21.2	16.5	16.4	10.2	10.6	2.7	2.3	-3.5	-3.7	9.9
ラサ	29°40'N 91°08'E	-1.7	-1.4	1.3	1.4	5.3	6.0	8.5	11.0	12.5	12.5	16.5	16.6	16.1	16.5	15.0	15.2	13.4	13.2	9.1	9.6	2.6	3.3	-0.9	-0.4	8.1
龍州	22°22'N 106°45'E	13.9	13.3	15.2	15.3	18.6	18.9	23.2	23.5	26.7	26.4	28.2	28.2	28.4	28.7	28.3	28.2	26.9	27.4	23.5	24.2	19.6	19.4	15.6	16.1	22.3
南昌	28°36'N 115°55'E	5.4	5.6	6.9	6.8	10.5	10.6	17.3	17.6	22.6	22.3	25.8	25.7	29.3	28.6	28.9	29.2	24.6	24.1	19.4	19.3	13.7	13.4	7.7	7.6	17.7
南京	32°00'N 118°48'E	2.7	2.6	4.4	4.5	8.7	8.4	15.0	14.7	20.7	20.4	24.4	24.4	27.8	27.9	27.4	27.7	23.0	23.0	17.3	17.0	10.7	10.1	4.6	4.6	15.6
南寧	22°49'N 108°21'E	13.1	14.0	14.0	14.3	17.3	17.8	22.5	22.1	26.1	26.1	28.1	28.3	28.7	28.5	28.7	28.4	27.4	27.7	23.7	24.0	19.6	19.9	15.3	14.7	22.0
青島	36°04'N 120°20'E	-0.5	-1.3	0.9	1.5	4.9	5.4	10.9	10.9	16.2	15.9	20.0	19.9	24.0	23.9	25.2	25.0	21.8	21.9	16.3	16.4	9.0	8.3	2.2	2.1	12.6
齊齊哈爾	47°23'N 123°55'E	-18.3	-17.7	-12.9	-12.8	-3.3	-1.7	6.2	8.4	14.7	14.1	20.2	20.3	22.4	22.4	21.5	21.5	14.1	13.3	5.5	5.8	-6.1	-6.0	-15.3	-16.4	4.1
上海	31°10'N 121°26'E	4.3	4.3	5.1	5.5	8.6	8.8	14.2	14.7	19.7	19.1	23.5	24.0	28.1	27.7	27.8	27.7	23.5	23.0	18.9	18.5	13.1	13.6	6.0	5.8	16.1
韶關	24°48'N 113°35'E	10.4	9.7	11.6	11.5	14.6	14.7	20.3	20.4	24.5	24.0	27.6	27.5	29.4	29.8	29.2	28.9	26.8	27.0	22.6	21.8	17.2	16.5	12.1	13.8	20.5
瀋陽	41°46'N 123°26'E	-10.6	-10.9	-6.0	-6.3	1.6	2.1	10.6	11.3	17.4	16.9	21.8	22.2	24.3	23.9	23.9	24.0	17.5	17.5	10.0	9.7	0.6	0.7	-7.3	-7.3	8.6
唐山	39°40'N 118°09'E	-5.4	-5.9	-1.8	-1.8	4.5	5.6	13.5	13.7	19.1	19.3	23.4	23.2	25.4	25.0	24.9	24.4	20.1	20.1	13.3	12.9	3.9	3.4	-2.6	-2.3	11.5
天津	39°06'N 117°10'E	-2.8	-2.5	0.0	0.2	5.4	5.6	14.8	14.9	20.4	20.1	24.7	24.4	26.5	26.5	26.2	26.2	21.6	21.1	14.8	15.4	5.6	5.5	-0.7	-0.5	13.0
烏魯木齊	43°47'N 87°37'E	-11.8	-11.4	-10.1	-10.1	-1.4	-0.8	9.8	9.3	16.4	16.7	21.2	20.6	23.8	24.0	22.4	22.5	16.3	16.0	7.6	8.0	-2.8	-3.2	-9.3	-8.6	6.8
武漢	30°37'N 114°08'E	4.0	3.8	5.8	4.9	9.6	10.1	16.8	16.4	21.9	21.2	25.5	25.7	28.4	28.5	28.1	28.3	23.4	23.0	17.8	18.3	11.7	11.7	6.0	5.9	16.6
西安	34°18'N 108°56'E	0.0	-0.4	3.0	2.3	7.5	7.9	14.8	15.0	19.6	19.3	24.2	24.3	26.2	25.8	24.7	25.0	20.0	20.2	14.2	14.4	6.9	6.8	1.2	1.6	13.5
西寧	36°37'N 101°46'E	-6.6	-6.6	-3.3	-3.5	2.1	2.2	8.1	8.4	12.3	12.0	15.5	15.1	17.3	17.2	16.8	17.4	12.7	12.7	7.2	7.6	0.5	1.2	-4.9	-5.3	6.5
崖県	18°14'N 109°31'E	21.8	22.1	22.9	23.2	24.6	24.9	26.9	26.7	28.6	28.8	28.9	28.7	28.7	28.5	28.3	28.4	27.7	28.0	26.5	26.5	24.5	24.0	22.2	22.0	26.0
宜昌	30°42'N 111°18'E	5.0	4.6	6.4	6.1	10.2	9.8	17.2	16.8	21.8	22.1	25.0	25.5	27.3	27.1	27.2	27.0	23.2	22.9	18.0	17.7	12.6	15.2	7.0	7.5	16.7
伊春	47°43'N 128°54'E	-21.7	-20.6	-15.9	-15.5	-5.8	-6.6	4.9	5.2	12.0	11.7	17.6	18.5	20.6	20.8	19.4	19.9	12.0	12.5	3.1	2.7	-8.6	-9.3	-18.7	-18.9	1.6
銀川	38°29'N 106°13'E	-7.7	-8.3	-3.3	-3.6	3.3	3.0	11.2	11.2	17.4	17.2	21.2	21.2	23.3	23.3	21.3	21.2	16.3	16.4	9.8	10.0	1.4	0.6	-5.4	-5.1	9.1
伊寧	43°57'N 81°20'E	-8.3	-8.																							

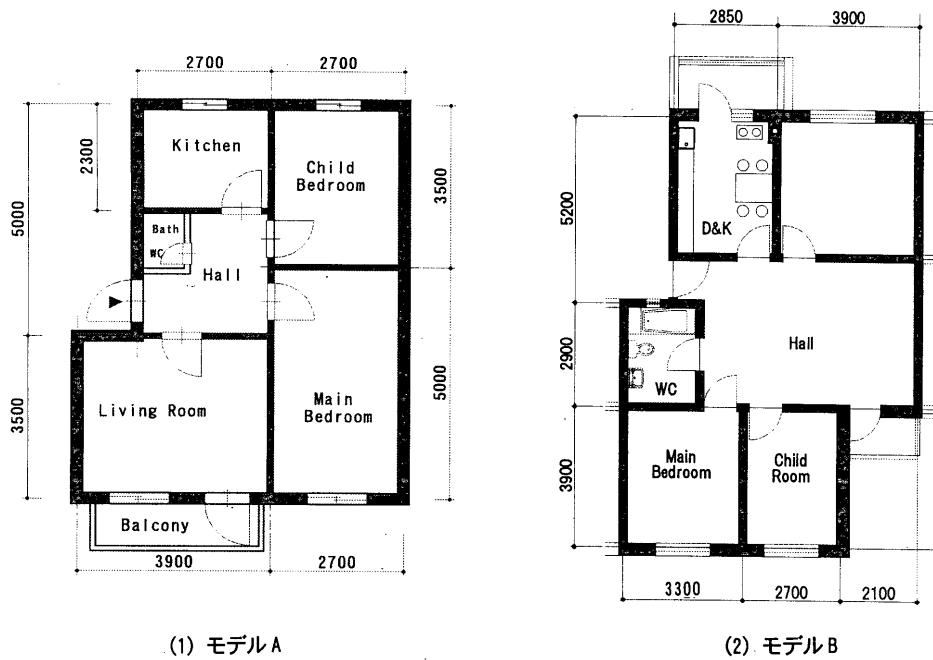


図1 シミュレーション用集合住宅モデル(単位 mm)

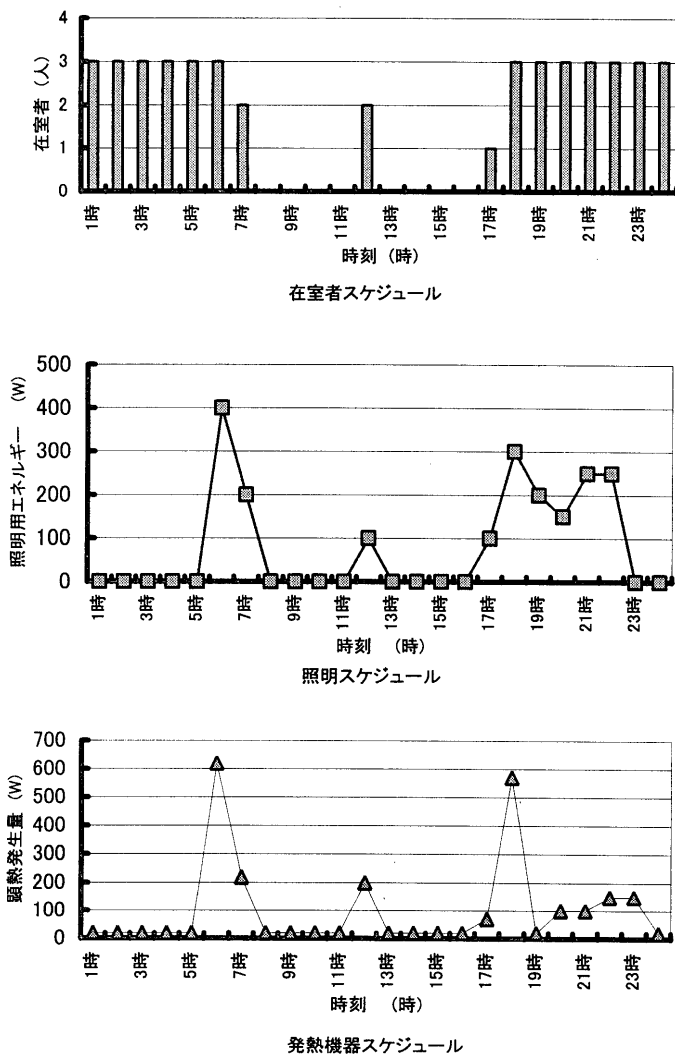


図2 在室者，照明，発熱機器のスケジュール

ける標準年気象データの作成方法は基本的に前報の方法を継承している。

今まで省市自治区の行政府所在地以外の都市における月平均気温および相対湿度に関する資料はほとんどないため、ここで上述した46都市の1982年～1997年の月平均および年平均温度と相対湿度を表1に示す。また、標準月に選ばれている月の平均温湿度も比較のために表1に併記している。上段は乾球温度、下段は相対湿度である。また、Aの列は16年間にわたる該当月の乾球温度または相対湿度の月平均値で、Asの列の数値は標準月の月平均値である。表1からわかるように、標準月と16年間の月平均値との差は乾球温度では約1℃以内、相対湿度では約10%以内になっている。

### 3. モデル住宅とシミュレーションの方法

中国の暖房負荷の地域特性を調べるために、住宅のモデルを想定し、そのシミュレーションを行う。中国都市部の居住形態を考えると、戸建住宅は極めて少ないため、集合住宅を想定している。住宅の一般性を考え、図1に示すように、2種類の住戸を設定した。モデルAとモデルBの延べ床面積はそれぞれ50.1m<sup>2</sup>と86.8m<sup>2</sup>となっている。北京市の2000年の統計<sup>3)</sup>によれば、都市部の住民の平均住宅面積は16.2m<sup>2</sup>/人となっており、3人家族を仮定する場合、既存の平均住宅規模はモデルAとほぼ一致する。また、現在新築中の集合住宅の1住戸述べ床面積は86m<sup>2</sup>になっている<sup>4)</sup>。したがって、モデルAとモデルBはそれぞれ中国都市部の既存または新築集合住宅の平均的なものと言えよう。住宅はレンガ造とし、外壁の厚さは一律36cmである。また、内壁の厚さを24cmとする。中国の実際の住宅構造や、レンガの保温性を考え、外壁に断熱材を設けないことにする。住宅の換気回数はすべて0.5回/hと仮定し、暖房は24時間連続運転かつ全室暖房としている。窓は建物の所在地と関係なく2重ガラスとしている。モデルAおよびモデルBの熱損失係数<sup>5)</sup>はそれぞれ1.36W/m<sup>2</sup>℃と1.13W/m<sup>2</sup>℃となっている。シミュレーションの対象となる住戸は集合住宅の中間階にあり、同じ階の両端でない住戸を想定している。

表2 各都市における暖房デグリーデーHDD20  
およびシミュレーションによる暖房負荷

都市	開始日	終了日	暖房日数	HDD20	暖房負荷(MJ/m <sup>2</sup> )	
					モデルA	モデルB
北京	10月12日	4月18日	188	3101	379	353
長春	9月16日	5月16日	243	5218	674	626
長沙	11月7日	4月7日	152	1790	206	195
成都	10月29日	4月7日	160	1758	196	188
大連	10月12日	5月13日	213	3429	428	401
丹東	9月26日	5月15日	232	4096	509	476
定海	11月9日	4月21日	162	1808	204	194
福州	11月28日	4月3日	127	988	110	105
格爾木	9月3日	6月14日	285	5089	618	569
広州	12月16日	3月4日	78	401	46	45
桂林	11月24日	4月3日	131	1269	140	134
貴陽	10月22日	4月11日	171	1841	205	196
哈密	9月30日	4月28日	211	3959	504	467
杭州	11月8日	4月16日	160	1894	232	213
哈尔滨	9月12日	5月18日	249	5724	742	687
合肥	10月27日	4月15日	170	2198	251	238
呼和浩特	9月16日	5月6日	234	4749	597	553
済南	10月16日	4月7日	174	2536	316	296
景徳鎮	11月8日	4月7日	150	1697	195	190
鷄西	9月11日	5月22日	254	5639	721	668
喀什	10月3日	4月14日	193	3325	406	376
庫爾勒	10月8日	4月14日	188	3411	428	399
昆明	10月18日	3月24日	157	1495	166	155
蘭州	9月24日	5月15日	234	3640	441	414
ラサ	8月15日	5月30日	288	4025	457	428
龍州	12月20日	3月1日	70	325	42	41
南昌	11月8日	4月7日	151	1701	194	184
南京	10月26日	4月17日	174	2245	265	251
南寧	12月17日	3月4日	76	470	47	45
青島	10月17日	5月7日	202	2906	355	334
齊齊哈爾	9月12日	5月16日	247	5718	756	701
上海	11月7日	4月21日	166	2005	227	215
紹興	11月26日	3月30日	125	913	106	102
瀋陽	9月24日	5月2日	221	4320	545	508
唐山	10月10日	4月28日	200	3501	430	400
天津	10月17日	4月17日	182	3062	372	345
烏魯木齊	9月21日	5月12日	234	4883	621	578
武漢	11月5日	4月7日	154	1917	226	214
西安	10月12日	4月16日	186	2697	322	303
西寧	9月3日	6月8日	279	4634	550	510
崖県	—	—	0	0	0	0
宜昌	11月6日	4月5日	151	1771	221	197
伊春	9月8日	5月29日	264	6589	852	789
銀川	9月24日	5月4日	223	4007	506	471
伊寧	9月27日	4月27日	213	3996	510	476
鄭州	10月14日	4月14日	182	2581	314	294

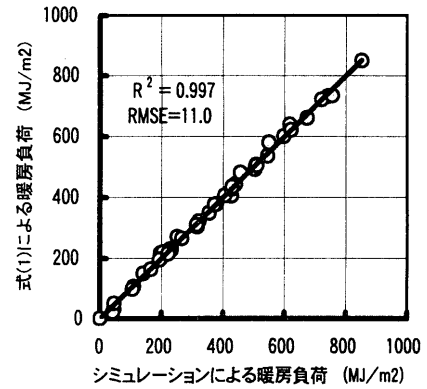


図3 式(1)による暖房負荷とシミュレーションによる計算結果の相関(モデルA)

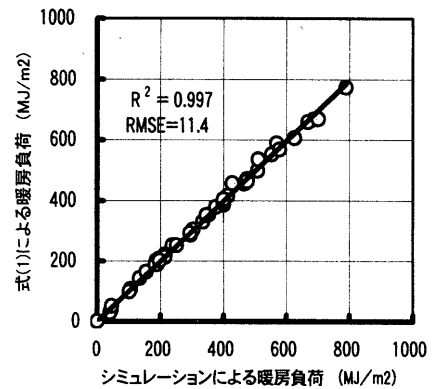


図4 式(1)による暖房負荷とシミュレーションによる計算結果の相関(モデルB)

グラム PSSP<sup>6)</sup>に入力して年間暖房負荷を計算している。本プログラムのアルゴリズムの妥当性や計算精度はすでに検証しており、本研究ではそれについて検討を行わない。前述した 46 都市の暖房の開始日、終了日および暖房デグリーデーは次のように求めている。まず、1982 年～1997 年の観測気象データを用いて 365 日の日平均外気温を求め、それが 15℃以下に下がる日を暖房開始日、15℃以上に上がる日の前日を暖房終了日とする。本研究では冬季の暖房設定温度を 20℃と想定して暖房デグリーデーを算出している。しかし、日射熱取得や居住者の人体発生熱、照明、器具発生熱による室温の上昇を考えれば、日平均外気温が 15℃以下に下がる時期から暖房を始めることは妥当であろう。坊垣らの日本における調査<sup>7)</sup>によれば、約 50%の住宅では外気温が 10℃まで下がる時暖房を始めるという結果を得ているが、本研究では、連続運転を行う場合の全暖房期間の暖房負荷を調べることを目的にしており、以上のように暖房開始の境目を 15℃にしたこのように定義した暖房デグリーデーを HDD<sub>20</sub> と表す。各都市における暖房デグリーデー HDD<sub>20</sub> と暖房開始日、終了日を表 2 に示す。

#### 4. 中国における暖房負荷の地域特性

##### 4-1 年間暖房負荷のシミュレーション結果

第 2 章で述べた中国の 46 都市における標準年気象データをシミュレーションプログラム PSSP に入力し、前章で述べた集合住宅モデル A およびモデル B の年間暖房負荷を計算した。各地の 1 m<sup>2</sup>あたりの年間暖房負荷を前述した表 2 に示す。46 都市の中で暖房負荷が最も大きい都市は齊齊哈爾で、最も小さい都市は海南島の崖県である。また、すべての都市において、モデル A の単位面積あたりの暖房負荷はモデル B のそれよ

現在の都市部の家庭構成を考え、居住者は子供 1 人の 3 人家族と仮定して、在室者、照明および室内発熱器具のスケジュールは図 2 のように想定している。夫婦は共働きとし、昼間には在室者がいないが、12 時に夫婦の中の 1 人と子供が帰宅して炊事し、昼食をとる。暖房の設定温度は 20℃とし、湿度は成り行きである。実際に暖房を行う場合、間欠運転も考えられるが、本研究では、暖房負荷の上限を求めるよう、連続運転を仮定した。

前章で述べた中国の標準年気象データを多数室シミュレーションプロ

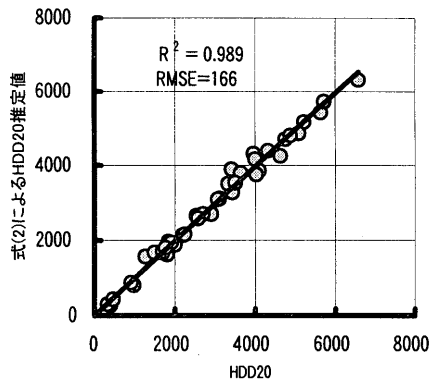


図5 式(2)によるHDD20推定値と真値との比較

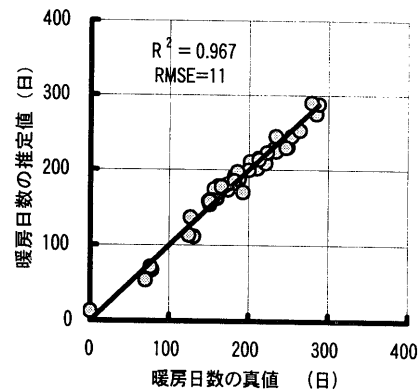


図6 暖房日数の推定値と真値との関係

り大きくなっている。それは主にモデル A の方が熱損失係数が大きいためである。

#### 4-2 回帰式による年間暖房負荷解析

中国の暖房負荷の地域特性について検討するために、上記の46都市のみでなく、より多くの地点における暖房負荷を知る必要がある。しかし、現時点では、他の地点の標準年気象データはまだ開発されていないため、シミュレーションによる暖房負荷の計算は困難である。そこで、本研究では暖房負荷の推定式を作成することを試みた。

暖房負荷の影響因子として、次のものが考えられる。外部気象条件における因子としては外気温と日射量、建物における因子として熱損失係数、日射熱取得率、建物の熱容量、居住者の生活活動による熱発生量などである。ここで、外気温と日射量をそれぞれ暖房デグリーデーと1月の平均日積算日射量で代表する。本研究では、暖房の連続運転を仮定しているため、建物の熱容量の負荷への影響は小さいものと考えられ無視している。表2に示す年間暖房負荷と上述の影響因子との関係を調べ、次の回帰式を得た。

$$L_H = 1.01 + 1.1696 \cdot Q + 0.00876 \cdot HDD_{20} - 0.351 \cdot \mu \cdot I_D \cdot HD - 0.227 \cdot (H_B + H_E + H_L) \cdot HD / S \quad (1)$$

ここで、 $L_H$  は1 mあたりの年間暖房負荷(MJ/m<sup>2</sup>)、 $Q$  は熱損失係数(W/m<sup>2</sup>°C)である。 $\mu$  は日射熱取得係数で、文献<sup>5),8)</sup>を参考にして各地の値を求めている。 $I_D$  は1月における平均日積算日射量(MJ/日・m<sup>2</sup>)、 $HD$  は暖房日数(表2)である。 $H_B$  は人体による顕熱発生量(MJ/日)で、図2に示す在室者スケジュールによる顕熱発生量の日積算値である。なお、文献<sup>9)</sup>を参考にして、1人1時間あたりの顕熱発生量は63W/hとしている。 $H_E$  は器具による顕熱発生量(本研究では8.93MJ/日)、 $H_L$  は照明による顕熱発生量(本研究では7.02MJ/日)、 $S$  は延べ床面積(m<sup>2</sup>)である。日射熱取得の項 $\mu \cdot I_D \cdot HD$ と室内熱発生項 $(H_B + H_E + H_L) \cdot HD / S$ が暖房負荷を減らす方向に働くため、これらの係数はマイナスになっている。

式(1)による各都市のモデルAおよびモデルBにおける年間暖房負荷推定値と表2に示すシミュレーションによる計算値との相関をそれぞれ図3と図4に示す。いずれも高い相関係数を示しており、推定誤差を表すRMSEはそれぞれ11.0 MJ/m<sup>2</sup>と11.4 MJ/m<sup>2</sup>になっている。

式(1)を用いて表2以外の地点の暖房負荷を推定する際、対象となる地点の暖房デグリーデー $HDD_{20}$ と暖房日数 $HD$ が必要になってくる。そこで、任意地点の $HDD_{20}$ と $HD$ を推定するために、既知の46都市のデータを用いて次の回帰式を得た。

$$HDD_{20} = 2609.0 - 168.36 \cdot \theta_1 + 0.2330 \cdot h \quad (2)$$

ここで、 $\theta_1$  は1月の月平均気温(°C)、 $h$  は標高(m)である。対象となる地点の緯度も変数として考えられるが、その偏相関係数が非常に小さいため、ここで扱わないことにした。図5は式(2)による $HDD_{20}$ の推定値と前述した観測データから得た値(真値)との相関であり、式(2)を用いれば $HDD_{20}$ が精度よく推定できるといえる。

暖房日数 $HD$ は $HDD_{20}$ と正の相関、室温と外気温との差と負の相関があると考えられる。また、表2からわかるように、ラサ、格尔木、西寧のような標高が2000m以上の地点では他の地域と比べ、同等の $HDD_{20}$ でも $HD$ が大きい傾向にある。したがって、暖房日数 $HD$ を推定する際、 $HDD_{20}$ と室内外温度差のほかに、標高も変数として加えた。このようにして作成した推定式は次のとおりである。

$$HD = 7.593 + 0.5712 \cdot \frac{HDD_{20}}{20 - \theta_1} + 0.006111 \cdot \left( \frac{HDD_{20}}{20 - \theta_1} \right)^2 - 0.00355 \cdot h \quad (3)$$

図6からわかるように、暖房日数 $HD$ は式(3)でRMSE=11日で推定できる。

なお、1月の平均日積算日射量 $I_D$ はNASA(National Aeronautics and Space Administration)が公開している世界各地の月平均日積算日射量を使用している<sup>10)</sup>。

#### 4-3 年間暖房負荷等値線図

中国の年間暖房負荷の地域特性を調べるために、中国の530地点の暖房負荷を式(1)を用いて推定し、各地点におけるモデルAとモデルBの年間暖房負荷を計算し、その平均値を求めた。第3章で述べたように、モデルAとモデルBはそれぞれ既存と新築住宅の床面積の平均に近いもので、しかも、両モデルの年間暖房負荷の相違は僅かであるため、これらの平均値で現段階における中国の住宅暖房負荷レベルを代表させることにした。各地点の標高および1月の月平均気温は文献<sup>11)</sup>の地形図および気候図から読み取っている。図7はその平均値による1mあたり年間暖房負荷の等値線図である。暖房設定室温が20°Cの場合、中国全土における暖房負荷は0~1100MJ/m<sup>2</sup>の範囲にある。最南端の海南島では、年間を通じて暖房負荷がゼロに近く、暖房設備は不要である。経度105°E以東では、暖房負荷が緯度の増大につれて増えていく。しかし、経度105°E以西では、緯度のみで年間暖房負荷の大小は説明できない。標高が4000m以上(文献<sup>11)</sup>による)の蔵北高原を中心とした年間負荷が900MJ/m<sup>2</sup>以上の地域があり、その北側に年間暖房負荷が500MJ/m<sup>2</sup>以下の塔里木盆地が存在する。このように、年間暖房負荷は緯度だけでなく、標高の影響も大きく受ける。また、祁連山・巴音山や巴顔喀拉山、鄂

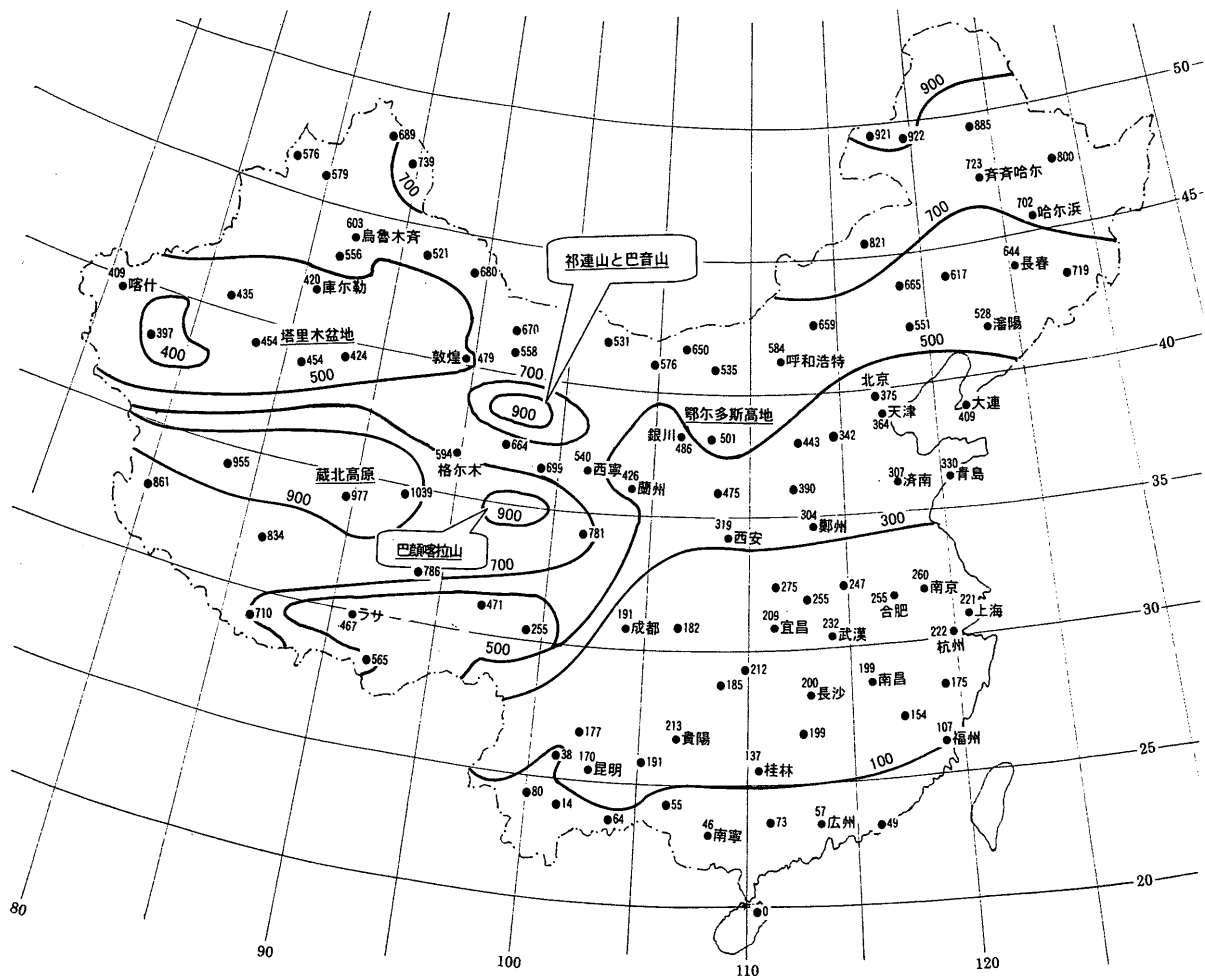


図7 年間暖房負荷の等値線図(図中の数値は年間暖房負荷 MJ/m<sup>2</sup>)

鄂尔多斯高地による局所的に年間負荷の増大している個所も点在していることが見受けられる。

5. 終わりに

本論文では、既報に引き続き中国の主要都市における標準年気象データを開発し、それをを用いて住宅のシミュレーションを行い、46都市における住宅の年間暖房負荷を計算した。また、暖房ディグリーデーなどの説明変数による年間暖房負荷を予測するための重回帰式を作成し、住宅の年間暖房負荷の地域特性を解明した。本論文で得られた知見をまとめると次のとおりである。

- (ア) 中国の標準年気象データの対象都市を25から46に拡大した。
  - (イ) 2種類の集合住宅モデルを想定し、それに基づいて年間暖房負荷の推定式を作成した。その推定値はシミュレーションによる結果とよく一致している。
  - (ウ) 想定した住宅の年間暖房負荷の等値線図を作成した。
  - (エ) 105°Eの以東では、住宅の年間暖房負荷に対して緯度が主な影響要素であるが、その以西では標高も大きく影響している。
- 今後は住宅の冷房負荷の地域特性を解明する予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、カリフォルニア大学 Lawrence Berkeley National Laboratory の Joe Huang 氏にソースデータの提供と研究の助

言をしていただいた。また、データ処理に筑波技術短期大学卒業生の山根名保子と渡邊和人両君の協力を得た。ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) Lin and Matsuo: A Simplified Seasonal Heat Load Index and Its Application to Evaluation of a Building Shelter's Design Condition on a Global Scale, Part 2 Annual Heat Load Distribution Maps in Asia, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 27, pp. 51-59, 1984
- 2) 張 晴原, 浅野賢二: 中国主要都市の標準年気象データに関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No. 543, pp. 65-70, 2001年5月
- 3) 中国国際広播電台ホームページ: <http://www.crinews.com/>
- 4) 節能住宅設計実例図集編集委員会: 節能住宅設計実例図集, 中国建築工業出版社, p.9, 1999年
- 5) 住宅・建築省エネルギー機構: 住宅の新省エネルギー基準, p.21, 平成4年版
- 6) T.Hayashi, et al.: Prediction of Air Distribution in Multiroom Buildings, Proceedings of Roomvent'87, pp.1-20, 1987
- 7) 坊垣和明 他: 全国的調査に基づく住宅の冷暖房時間および冷暖房期間に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.509, pp.41-47, 1998年6月
- 8) 住宅・建築省エネルギー機構: 新版拡張ディグリーデー表, 昭和58年
- 9) 宇田川光弘: パソコンによる空気調和計算法, オーム社, p.174 昭和61年
- 10) Atmospheric Sciences Data Center ホームページ <http://eosweb.larc.nasa.gov/>(2001年1月現在)
- 11) 中国地図出版社: 中国総合地図集, pp.9-10, 1990年

(2001年2月7日原稿受理, 2001年5月25日採用決定)