

# 木造プレハブ住宅の室内気候に関する研究

東 修 三 ・ 三 村 泰 一 郎

Note on the indoor climate of prefabricated wooden house

SYUZO AZUMA and TAICHIRO MIMURA

近時急速に普及してきた木造プレハブ住宅について、その室内気候の実態を観測は握し、その成立要因の解明を試みるとともに、住宅の気候調節作用に論及して、この種の住宅の構造・材料ならびに設計などの計画、すなわち建築様式の是非の検討に資することを目的としたものである。

## I 緒 言

近時、建築部材の開発とその量産化に伴い、住宅建築方式の変革合理化が推進され、その成果としていわゆるプレハブ住宅の建築施工法が確立し、住宅需要の急増と相まって、その普及にはめざましいものがある。

元来、住宅の使命の第一は、気候を調節し、住宅内に住みよい環境をつくること、すなわち、住みよい室内気候をつくることであり、この住宅による気候調節作用(調温・調湿作用など)は、住宅の構造・材料、設計ならびに設備計画により決まるので、室内気候学の立場から当然、プレハブ住宅のこれらに対して一応の検討はなすべきであろう。しかし、わが国にはその前提となるべきプレハブ住宅の室内気候に関する観測と研究が数年前までは不幸にして皆無に近い状態であった。

このような実状にかんがみ著者らは当時一般用住宅として普及し始めていた木造(木質系)プレハブ住宅を対象として、その室内気候の観測と研究を開始した。この観測は、1室小型住宅についてのものを主体に、多室大型住宅についてのものを補完的に行なうこととした。1室小型住宅を供試したのは、これが構造的に住宅の基本型であり、その室内気候は一般にその住宅の建築様式の特徴を最も標本的にしかも顕著に反映し、その建築様式の基本的検討を可能にするからであった。しかし、現在一般用住宅として普及している多室大型住宅の室内気候は、住宅が元来その使命の第一とすべき気候調節作用を大型住宅自体十分にこれをもちその機能を果しているか否かを判断する貴重な資料を提供してくれるものであり、一方また、1室小型住宅の場合にその建築様式のゆえに仮に何らかの欠陥が現われるにしても、多室住宅の場合には、それが緩和され、場合によっては消失するこ

とも予想されるし、また、多室大型住宅なるがゆえに1室小型住宅の場合に比べて構造・材料など当然改良も加えられているので、それらがどの程度に室内気候に影響を及ぼしているかを知ることも室内気候学の立場から木造プレハブ住宅の建築様式を検討する立場にたつ限り是非なすべき重要課題であるので、多室大型住宅の観測も追加したのである。

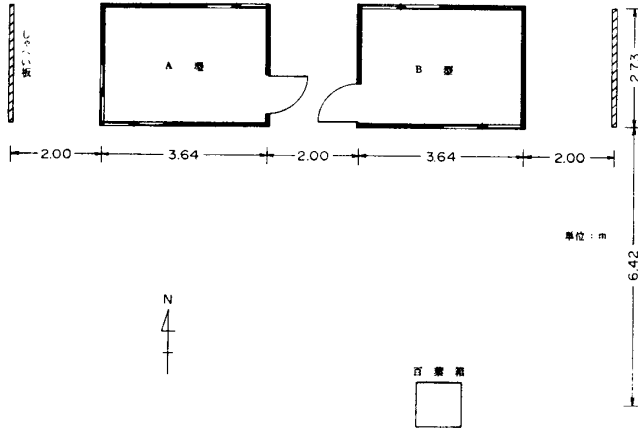
本論文は上述の観点から行なった木造プレハブ住宅の室内気候の観測とその解析の結果の概要に、木造プレハブ住宅の建築様式に対する若干の検討を添えて記述したものである。

## II 1室小型住宅の室内気候

### 供試住宅および観測方法

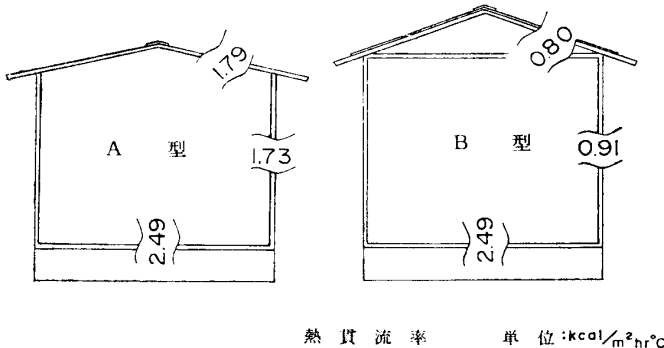
供試した1室小型住宅はE社ハウスのA型およびB型の2種で、ともに平家建6畳のものであり、それらの構造・材料、設計ならびに内外部仕上げなどの詳細は略すが、概要は次のとおりである。A型は在来からのいわゆる舟底天井の標準型とも言えるもので、屋根はカラー鉄板張りで断熱材(発泡スチロール)を封入した合板(内側はプリント合板)の屋根パネルを用いたものでありかわら棒ぶき、外壁は断熱材を封入した合板(内側はプリント合板)の壁パネルを用いたもの、床は合板張りで綿織物敷、建具は3か所にそれぞれ引き違い窓、出入り口は片開き合板フラッシュドアであった。また、B型は屋根は合板にカラー鉄板張りのかわら棒ぶき、さらに断熱材を裏にはりつけたツートン合板の天井張りで、外壁は外側は合板、内側はプリント合板で断熱材を封入したものであるが、これらの場合の合板および断熱材はA型のそれらより幾分厚く、床は合板張りでじゅうたん敷、建具は2か所にそれぞれ引き違いアルミサッシ窓、

出入り口は片開き化粧合板フラッシュドアで、改良型と言えるものであった。これらA型およびB型の平面形などは第1図に示すとおりである。一般にプレハブ住宅の



第1図

場合、住宅の各部をある程度断熱性の高いものにするよう構造・材料的に配慮されているので、これらA型およびB型の各部の熱貫流率を参考までに算定してみた。その結果を第2図に示したが、防寒住宅各部の熱貫流率の推奨値を掲げた第1表<sup>1)</sup>を参照すると、屋根・天井(総合)および外壁は推奨値なみの断熱性をもつこと、B型



第2図

第1表

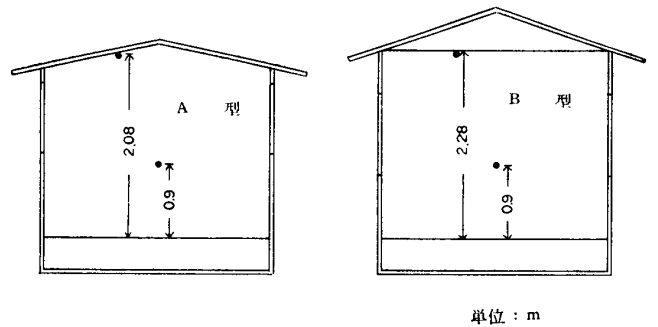
外 壁	屋根・天井(総合)	床	備 考
1.2~2.3	1.5~2.9	1.3~1.8	本州・四国・九州の甲~丁地域の値

防寒住宅各部の熱貫流率 単位: kcal/m<sup>2</sup>hr°C

はA型より断熱性が高いことがわかる。これらA型およびB型住宅を本学構内に第1図に示すように配置し、両側にしゃへい板を設置した。しゃへい板は東側のものはA型と、西側のものはB型と、それぞれ同じ側面形、同じ色彩のもので、これらを設置することにより両住宅が東西に交互に配列している場合の観測とみなすこととした。なお、両住宅の南側には、これら住宅の室内気候に

影響するほどの建造物や樹木はなく、第1図に示す位置に百葉箱を設置した。

観測は、第3図に示すように、A型およびB型の室中央の床上90cm(座姿呼吸線)の高さで室温および相対湿度を、また百葉箱内の地上1.5mの高さで外気温および相対湿度を、それぞれサーミスター抵抗温度計および自記湿度計(週巻き)を用いて、第3図に示すようにA型およびB型の天井の中央より南寄り約1/3の位置で天井の表面温度を、銅・コンスタンタン熱電温度計を用いて、さらにB型の屋根上で水平面日射量を、ゴルチンスキー日射計を用いて測定し、抵抗温度計および熱電温度計はそれぞれ変換器を通じて、日射計は直接に、電子式自動平衡記録計に接続して自記記録させることとした。このほか随時に熱電温度計、さらに日射計などを用いて屋根および外壁の表面温度、さらにそれらの反射率の測定なども行なった。



第3図

観測ならびに解析の結果の概要と考察

観測資料は一応夏季と冬季に大別してそれぞれの季節における室内気候の実態のは握と解析に当たったので、以下においてはそれぞれの季節別にその概要を述べ考察を加えることとする。

1 夏季の室内気候について

観測資料は第2表に示すように定義した天気日に分けて処理し解析することとした。この場合の日平均雲量および日降水量には京都地方気象台の観測資料を用いた。

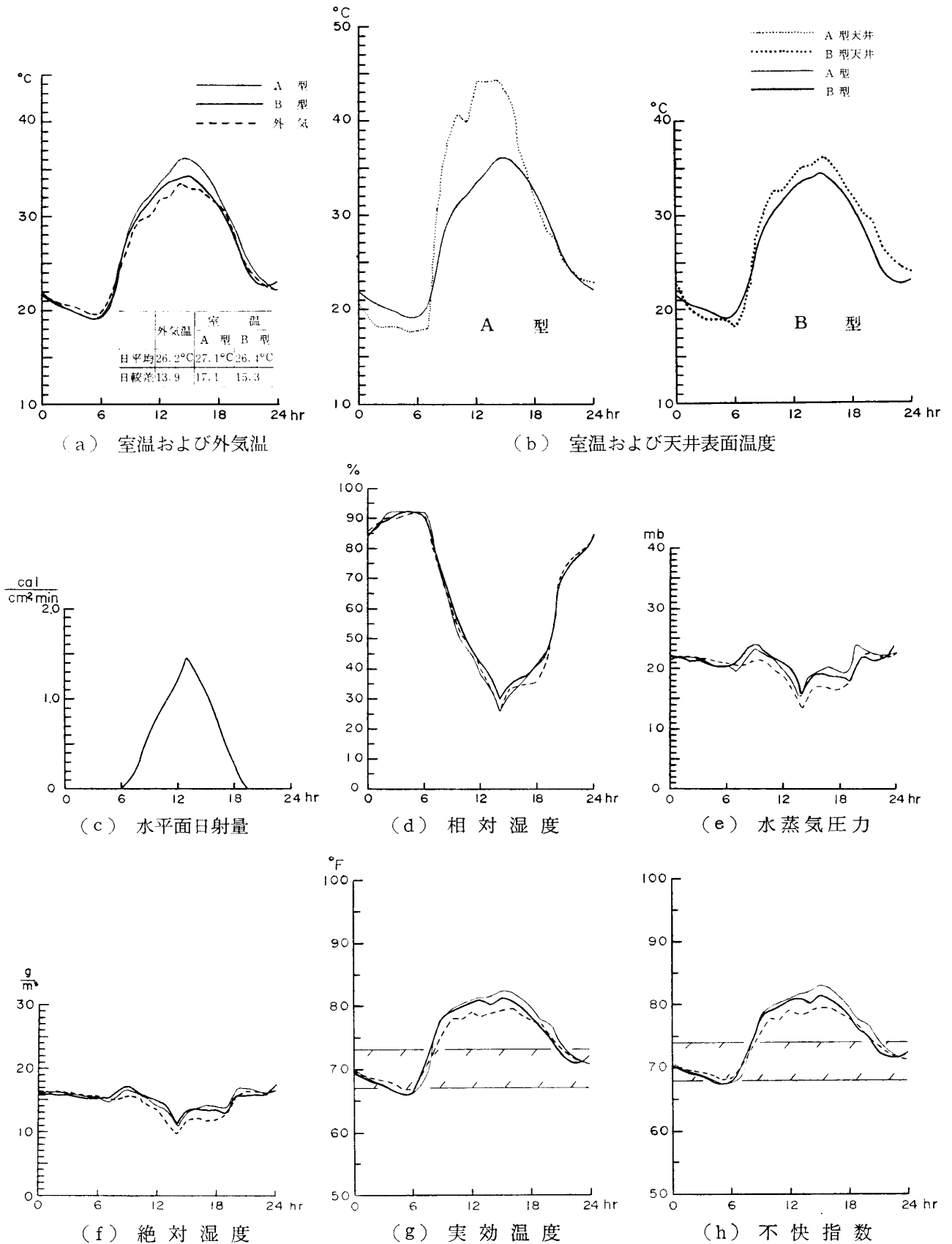
元来、室内気候の特徴は快晴日に顕著に発現するし、特に夏季において問題視されるのもこのような日の実態

第2表

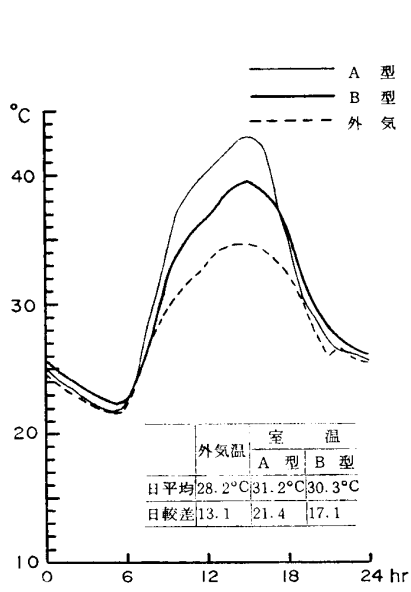
快晴日	日平均雲量2.4以下	} 日降水量 0.1mm 未満	○
晴天日	日平均雲量2.5以上 7.4以下		⊙
曇天日	日平均雲量7.5以上		◎
雨天日 <sub>1</sub>	日平均雲量2.4以下	} 日降水量 0.1mm 以上 10.0mm 未満	○
	日平均雲量2.5以上 7.4以下		⊙
	日平均雲量7.5以上		◎
雨天日 <sub>2</sub>		日降水量 10.0mm 以上	●

であるので、梅雨明け後のいわゆる盛夏のころの快晴日で終日窓を開放していた日と終日窓を閉鎖していた日を

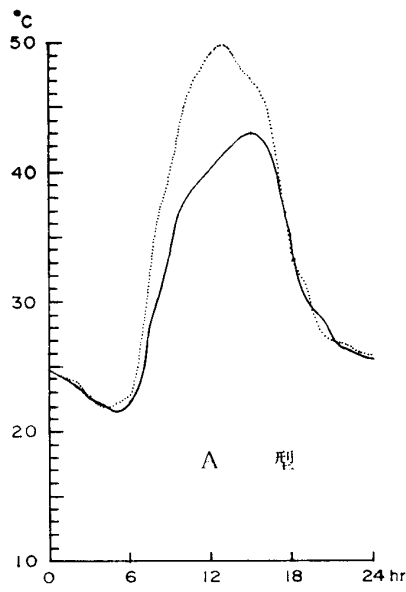
各1例ずつ選んでそれらの日の実態を詳細に示し論議することとした。第4図および第5図はそれぞれ1967年の



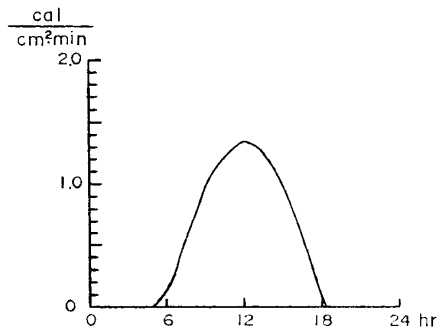
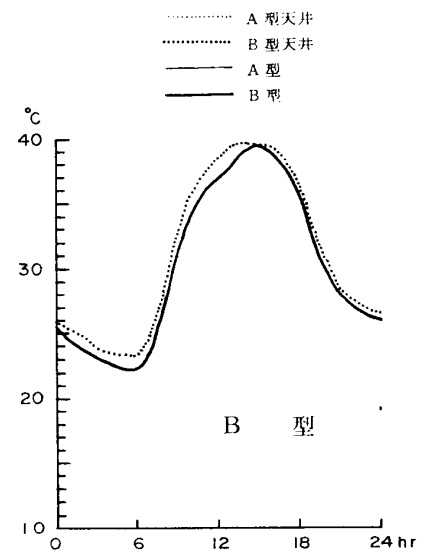
第4図 1967・8・8 (快晴日, 窓開放, 日平均雲量 0.8, 日照時間 11.5)



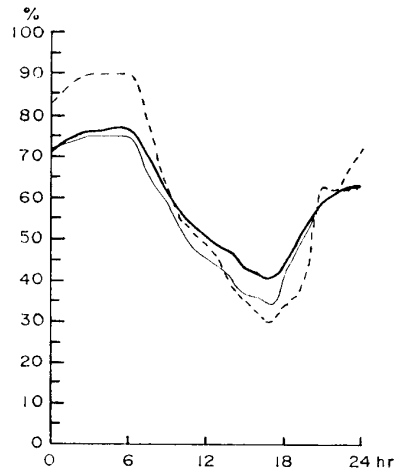
(a) 室温および外気温



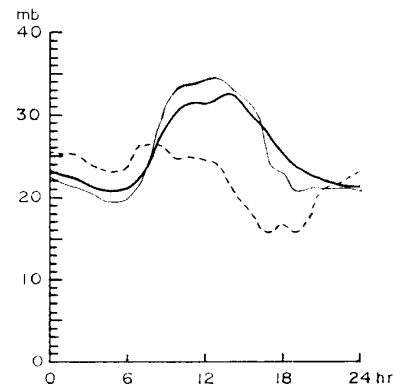
(b) 室温および天井表面温度



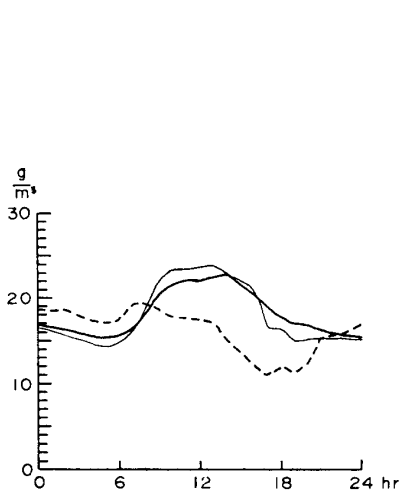
(c) 水平面日射量



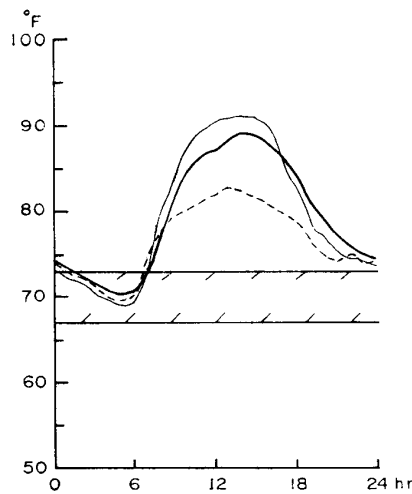
(d) 相 对 湿 度



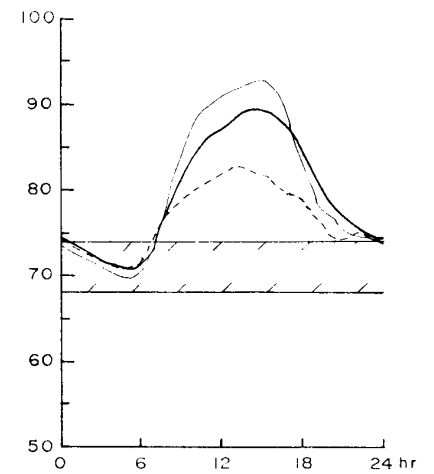
(e) 水 蒸 気 圧 力



(f) 絶 对 湿 度



(g) 実 効 温 度

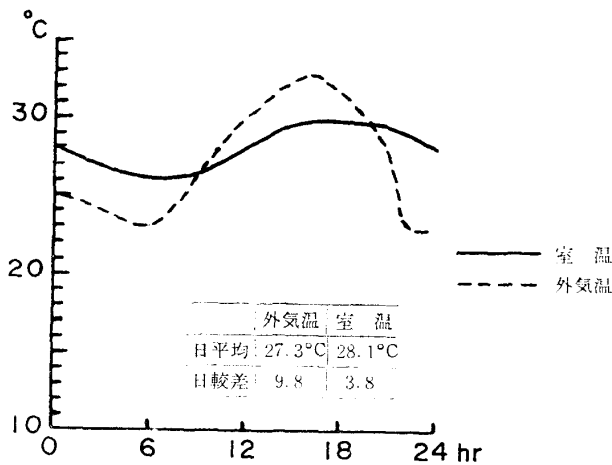


(h) 不 快 指 数

第 5 図 1967・7・23 (快晴日, 窓閉鎖, 日平均雲量 0.0, 日照時間12.3)

8月8日（窓開放日）と7月23日（窓閉鎖日）のもので、記載した日照時間は日平均雲量と同様に京都地方気象台の観測値である。

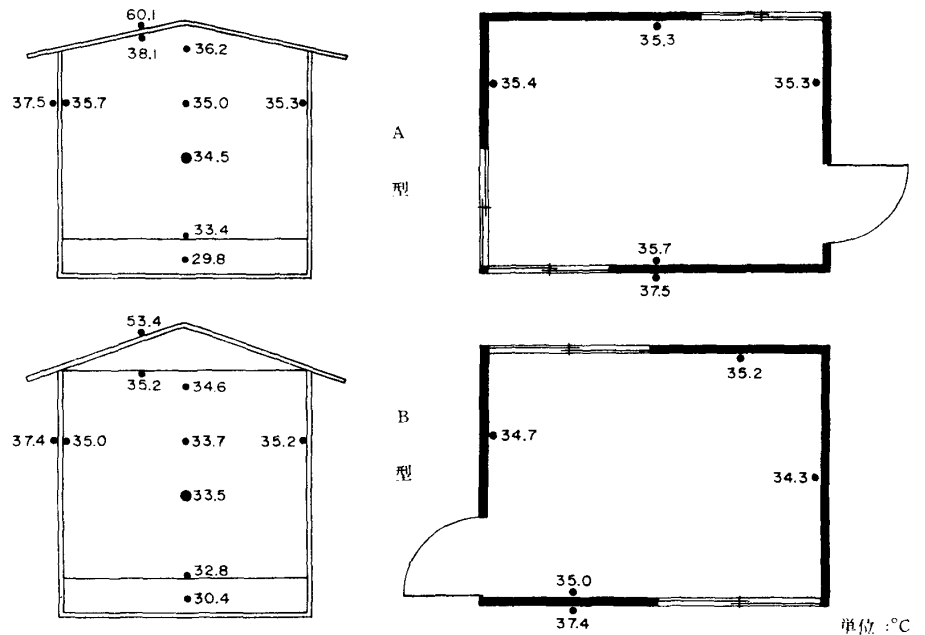
夏季の常態である窓開放日（8月8日）について、まず室温を中心にみることにする。A型（標準型）の室温は夜間にはほとんど外気温近くまで低下し、一方昼間はことに日中は数度も高いことがわかる。B型（改良型）の場合は幾分その程度は減じている。ところで一般の木造住宅の場合、室温は夜間外気温より幾分高く、昼間は幾分低く、いわゆる気候調節作用、この場合、調温作用（室温緩和作用）を示すのが普通であり（第6図参照）、したがって上述の昼夜の実状は当然その生因が問われることになる。この場合、日中の実状は



1965・7・16  
供試室：木造平家1戸建の1室10畳  
（京都府立大学構内）

第6図

主として天井の表面温度の高温の影響であることは第4図から、また、このことは第5図の窓閉鎖日（7月23日）の場合を参照すると、より明らかに首肯でき、窓を開放して外気の流入がかなりあるのにその影響がなお残留するのが実態であることがわかる。この場合さらに外壁の内側の表面温度の高温の影響も重なっていることは、屋根および天井の表面温度、外壁の内外両側の表面温度、床の表面温度、床下温度、床上90cm（座姿呼吸



室温および隔壁の表面温度など

1967・8・1（窓開放）1330，外気温32.6°C，水平面日射量0.88  $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{min}}$

第7図

線），1.5m（立姿呼吸線）および2.1mの高さの室温の観測例を示す第7図から明らかである。なぜ天井や外壁の内側の表面温度が日中このような高温になるのかなどの解明は、前述の夜間の実状の説明とあわせて、室温の成立機構の本質に立ち入ることによって重要であるので、後に再び論議の対象とする。

室内の相対湿度については、これは室温の影響を強くうけ、その日変化は室温のそれを逆にした形であることは予想どおりの結果である。外気の相対湿度と外気温の日変化にも同様の関係がみられることも当然である。しかしここで注目すべきことは、窓開放日（第4図参照）についてA型およびB型の室内の相対湿度を外気のそれと比べてみると、昼間は室温が外気温に比べて高温であることから当然室内の相対湿度が外気のそれよりある程度低くなると思われるのに、実際はそうでなく同程度にでていることである。このことは昼間室内の水蒸気量が外気のそれより多いことを示すもので、事実算出した水蒸気圧力および絶対湿度はそのとおりになっており、これは室内側の壁面や床面などからの放湿によるものと考えざるを得ない。このことについては窓閉鎖日の場合（第5図参照）を参考にするとさらに十分理解でき、特にこの観測例から室内側の壁面、床面などにおける吸放湿現象が相当顕著であることが認識できるし、窓を開放していても上述のようにその影響が残留していること、また、これが室内で昼間ことに日中相対湿度が極端に低くなることを防ぎ、夜間著しく高くなることを押

さえる結果となる，すなわち住宅の気候調節作用この場合調湿作用を果していることも予想どおり実証された。

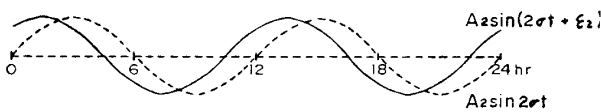
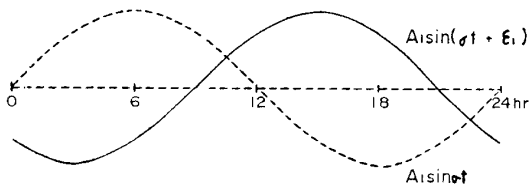
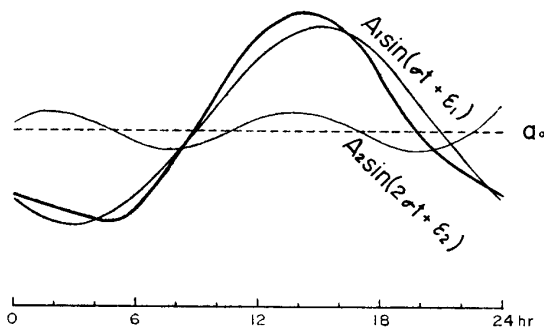
室内気候の良否の判定に気温および相対湿度を総合した体感温度である不快指数あるいはさらに風速の効果をも含む実効温度の日変化を調べるのが一方法で，これらがいわゆる快感帯に入っているか否か，はずれている場合でもそれがどの程度かをみとめることとした（第4図および第5図参照）。ただし，観測は風速を欠いたので実効温度については無風状態を仮定して求めた。図の帯状斜線部分は丹羽<sup>2)</sup>の調査による日本人に対する夏季の快感帯でこれらにより室内気候の実態が認識できる。

住宅の気候調節作用特に調温作用を論ずる場合，室温の日変化を外気温のそれと比較するのが一方法で，この方法によりその作用の程度が概察できる。この場合，室温および外気温の日平均，日較差ならびに最高および最低の起時を比較してもその目的は一応果せるのであるが，このような場合著者らは調和解析の方法<sup>3)</sup>を用いて調和定数を比較するのを常とう手段としている。すなわち，観測値を

$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + \dots$$

$$\sigma = \frac{2\pi}{T}, T = 24 \text{時間}, t = 0, 0 \text{時}$$

の級数で表わし（第8図参照），第1項のいわゆる平均



$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + \dots$$

$$\sigma = \frac{2\pi}{T}, T = 24 \text{hr}, t = 0 \text{Ohr}$$

第 8 図

項  $a_0$  および第2項のいわゆる1日項の振幅  $A_1$  および位相角  $\epsilon_1$  を採り上げて議論するのである。この場合，平均項 ( $a_0$ ) は上述の日平均に等しく，1日項の振幅 ( $A_1$ ) は上述の日較差の1/2に近似的に等しく，位相角 ( $\epsilon_1$ ) は最高および最低の起時の遅速を表わす。第3表

第3表 (a) 快晴日 8・8 (窓開放)

	外 気 温	室 温	
		A 型	B 型
$a_0$	26.26°C	27.13°C (+0.87°C)	26.38°C (+0.12°C)
$A_1$	7.10°C	8.42°C ( 1.19 )	7.60°C ( 1.07 )
$\epsilon_1$	229°40'	228°55' (-0°45')	231°40' (+2°0')
$A_2$	0.91°C	1.13°C ( 1.24 )	1.01°C ( 1.11 )
$\epsilon_2$	50°30'	60°0' (+9°30')	69°5' (+18°35')

(b) 快晴日 7.23 (窓閉鎖)

	外 気 温	室 温	
		A 型	B 型
$a_0$	28.19°C	31.25°C (+3.06°C)	30.33°C (+2.14°C)
$A_1$	6.35°C	10.29°C ( 1.62 )	8.26°C ( 1.30 )
$\epsilon_1$	227°55'	236°55' (+9°0')	288°20' (+0°25')
$A_2$	0.81°C	2.14°C ( 2.64 )	1.39°C ( 1.72 )
$\epsilon_2$	78°40'	58°40' (-20°0')	51°20' (-27°20')

$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + \dots$$

$$\sigma = \frac{2\pi}{T}, T = 24 \text{hr}, t = 0 \text{Ohr}$$

はその結果を示したもので，窓開放日（8月8日）の場合，A型およびB型の室温はともに外気温に比べて平均項  $a_0$ （あるいは日平均）は高く，1日項の振幅  $A_1$ （あるいは日較差）は大きく，位相角  $\epsilon_1$  はほぼ同じか幾分大きい（あるいは位相が同じか進んでいる，最高・最低の起時が同じか早い）ことがわかる。窓閉鎖日（7月23日）にこれらのことが特に顕著にでていること，およびこれらの傾向はB型（改良型）の方がA型（標準型）に比べ幾分その度合いが少ないことは第4図および第5図の実態を参照すると了解できることである。しかし在来の認識によれば，一般の木造住宅の場合，平均項（日平均）が高いことは同様であっても，1日項の振幅（日較差）が小さく，位相角が小さい（位相，最高・最低の起時が遅れる）のが常態で（第6図および第4表参照），住宅は気候調節作用，調温作用をもつとされているが，この場合は然らず，当然これらに対する説明が求められ

第4表

	外 気 温	室 温
a <sub>0</sub>	27.31°C	28.12°C (+0.81°C)
A <sub>1</sub>	4.76°C	1.98°C ( 0.42 )
ε <sub>1</sub>	218°35'	180°55' (-37°40')
A <sub>2</sub>	1.07°C	0.20°C ( 0.19 )
ε <sub>2</sub>	348°50'	21°40' (-327°10')

1965・7・16 供試室 木造平家1戸建の1室10畳  
(京都府立大学構内)

るが、このことは先述のようにA型およびB型住宅の室温の実状が、夜間は外気温と同程度に低温になり、昼間ことに日中は窓開放日においても外気温より数度も高温になることなどに由来していることから、先に問題提起した室温の成立機構の解明を果せばおのずから解決することである。

第9図および第5表は室内気候の特徴がむしろ検出されにくいと思われる雨天日(窓開放日)における観測ならびに解析の結果であり、これらはその意味で参考までに示したものである。

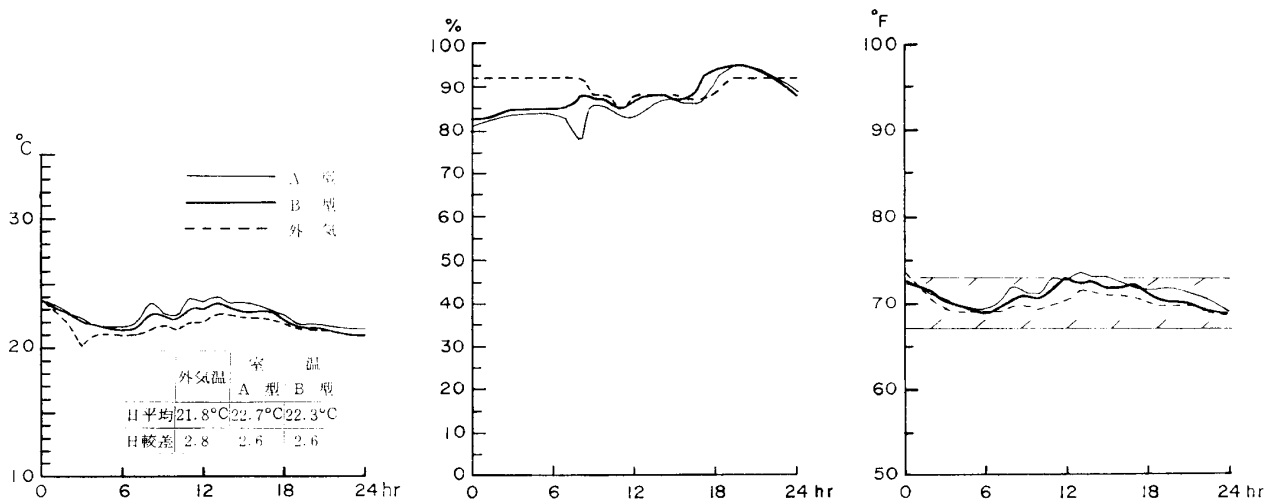
室内気候の特徴は快晴日に顕著に発現することは既述のとおりであるが、このこととは別に室内気候が第2表のように分類した快晴日、晴天日、曇天日、雨天日<sub>1</sub>および雨天日<sub>2</sub>の各天気日でどのように異なるかをみることもまた夏季の室内気候の実態を知る意味から重要なことである。第10図はこのような観点から1967年の7月の毎日について最高および最低室温の発現時刻に近い14時および5時におけるA型およびB型住宅の室温、室内の

第5表 雨天日 7・7(窓開放)

	外 気 温	室 温	
		A 型	B 型
a <sub>0</sub>	21.80°C	22.70°C(+0.90°C)	22.37°C(+0.57°C)
A <sub>1</sub>	0.39°C	0.53°C( 1.36 )	0.29°C( 0.74 )
ε <sub>1</sub>	171°15'	258°20'(+87°5')	251°15'(+80°0')
A <sub>2</sub>	0.65°C	0.56°C( 0.86 )	0.70°C( 1.08 )
ε <sub>2</sub>	59°15'	64°15'(+5°0')	54°30'(-4°45')

相対湿度、実効温度ならびに不快指数を外気温、外気のそれらと対比させ、さらにA型の室温などとB型のそれらを比較させてそれらの関係を第2表の各天気日の記号を用いて描き直観に資したものである。ここで実効温度および不快指数の図の帯状斜線部分は既述の丹羽の調査にもとづく夏季の快感帯であり、また、窓開放日の14時のものには\*印を付して区別した。

さて、先に述べたように夏季における室内気候の実態のうち特徴的でしかも顕著な事実にはA型およびB型住宅の室温が快晴日はもちろんその他の天気日においても昼間ことに日中窓を開放していても外気温より数度も高温になり、一方、夜間は窓を閉鎖していても室温は外気温程度にまで低下することである(第4図、第5図および第10図参照)。昼間ことに日中における室温の高温は天井の表面温度に主として起因し、さらに外壁の内側の表面温度も付加的要因であることは既述のとおりであるが、それではなぜそのようなことが起るのかの解明すべき点なのである。言うまでもなく、夏季は屋根や外壁



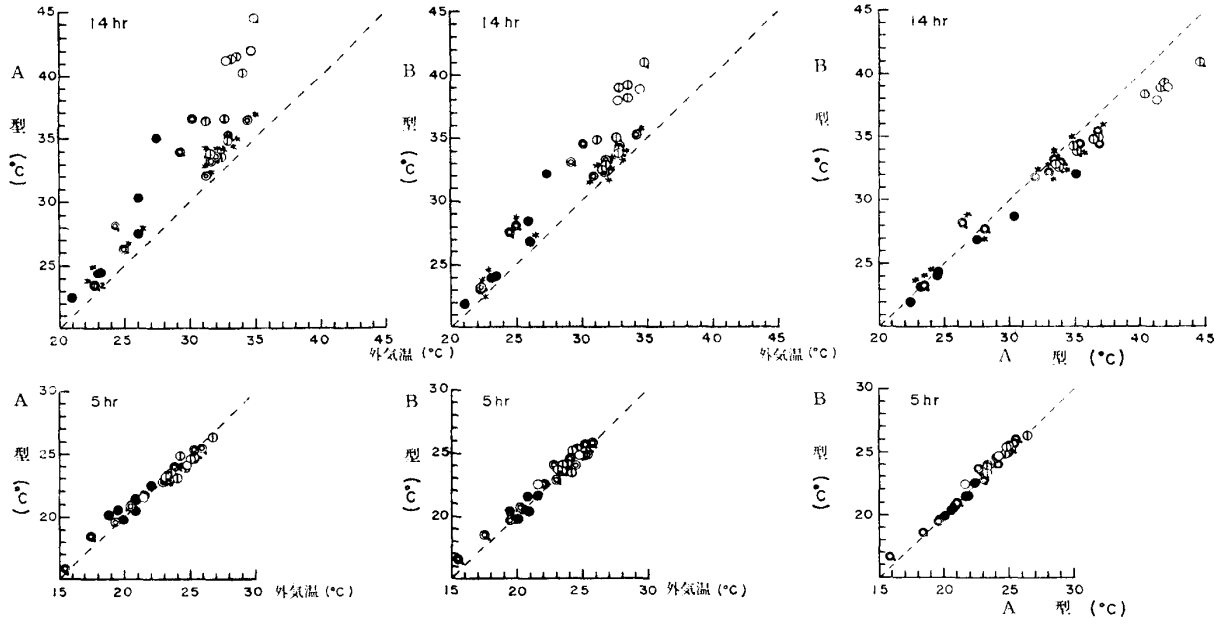
(a) 室温および外気温

(b) 相 対 湿 度

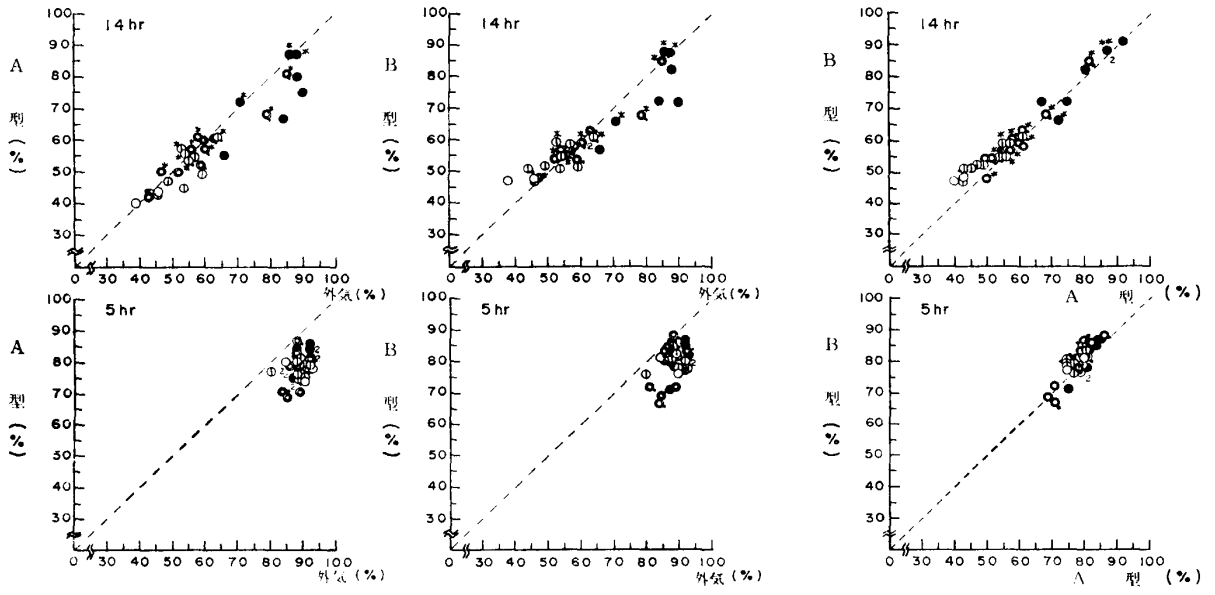
(c) 実 効 温 度

第 9 図 1967・7・7(雨天日, 窓開放, 日平均雲量 10.0, 日照時間 0.0, 日降水量 18.6)

1967・7



(a) 室 温



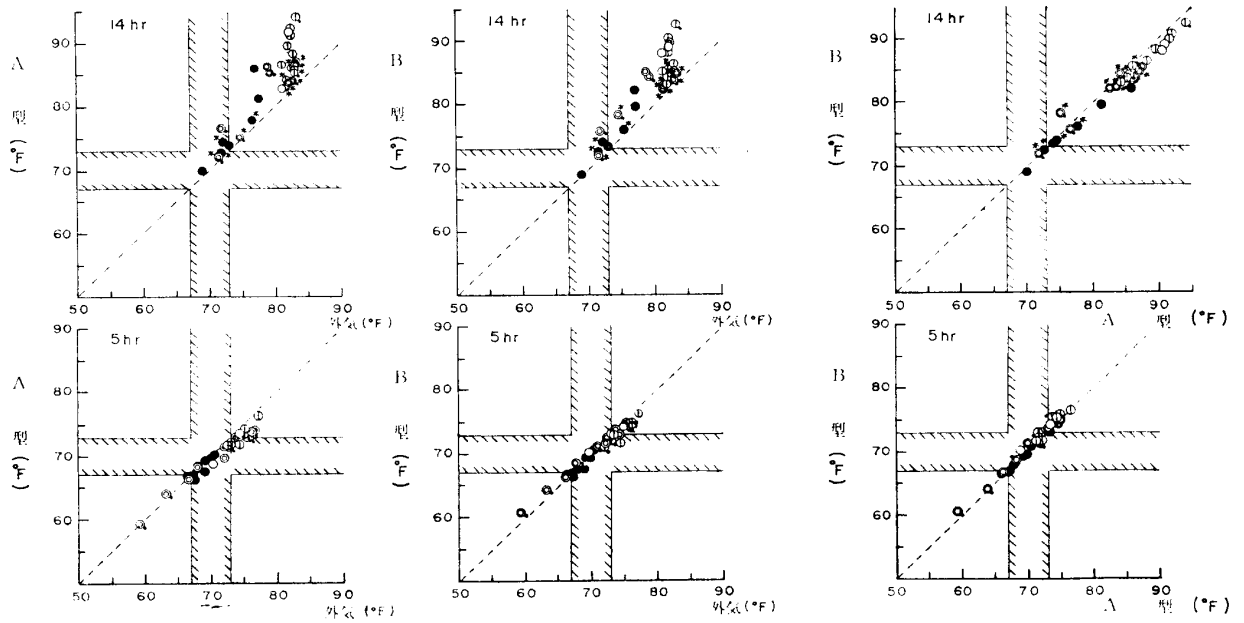
(b) 相 対 湿 度

第 10 図

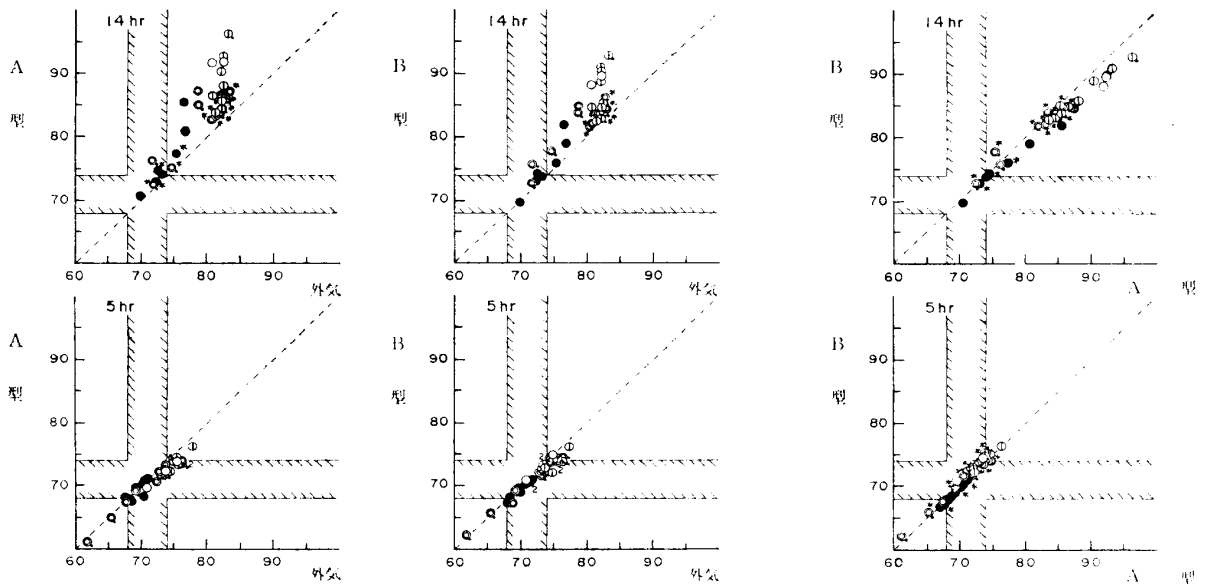
の表面に当たる日射が強く、そのため屋根や外壁の表面温度が著しく昇温し、これが天井の表面温度や外壁の内側の表面温度にまで及ぶのである。元来は屋根、天井および外壁などの隔壁はこのような現象を防ぐべく、それらの構造・材料が選択されるべきであり、具体的にはこれら隔壁の断熱性（熱貫流抵抗）をできるだけ高く、熱容量を可能なかぎり大きくすることによりこれが果せるはずであり、農村住宅のわらぶき屋根などはその好例である。供試したA型およびB型住宅の場合は第2図でみたようにその断熱性は防寒住宅に対する推奨値なりに高いのでこのためとは思われず、したがって結局その熱容量

が小さいためと判断せざるを得ない。事実、木造プレハブ住宅の場合、その建築部材は軽量の木質系でありまた工場生産品であることから軽量化はまぬがれず部材の熱容量が小さいのが実状で、そのため隔壁の断熱性はかなり高いのに熱容量が小さいため屋根や外壁にあたる日射がこれら隔壁そのものを著しく昇温させ天井や外壁の内側の表面温度にまで高温をもたらす、昼間ことに日中室温を外気温より数度も高くするものと考えられる。また、この熱容量の小さいことは夜間窓を閉鎖していても室温が外気温近くにまで降下する原因になっていると思われる。なお、B型の室温がA型のそれより昼間ことに





(c) 実効温度



第10図

(d) 不快指数

日中において幾分低くするのは、B型の屋根のカラー鉄板がA型のその青色系に対し白色系であり日射に対する反射率が大きく（第6表参照）、したがって吸収が少ないこと、隔壁の断熱性が幾分高く（第2図参照）、その熱容量も少し大きいことによると思われる。以上の考察をまとめると、供試した木造プレハブ1室小型住宅の場合、屋根・天井、外壁などの隔壁の断熱性は一般に防寒住宅に対する推奨度を充たしており、これはそれでよいのであるが残る点としては隔壁の熱容量を大きくして、受熱に対する昇温ならびに失熱に対する降温の度合いを減ずる方が採らるべきである。それには隔壁材料

第6表

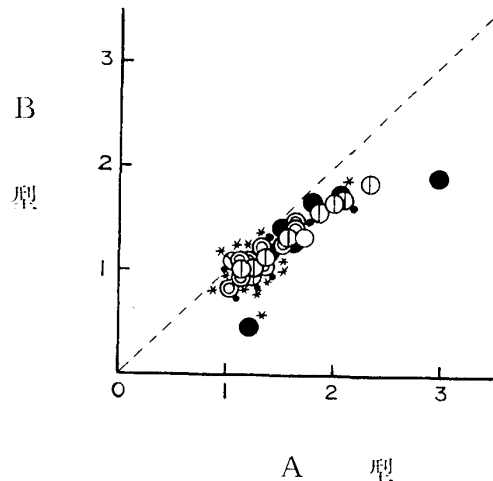
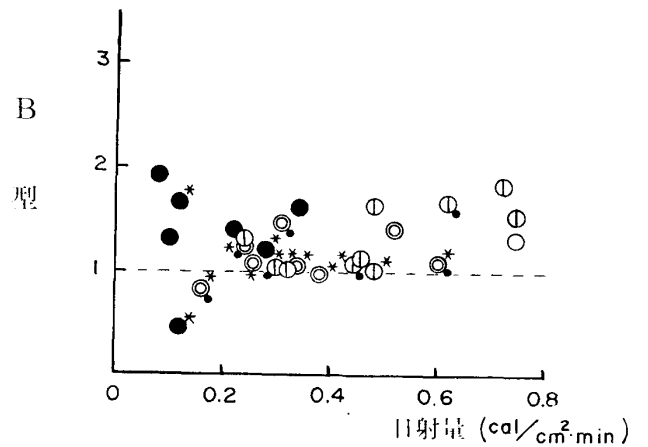
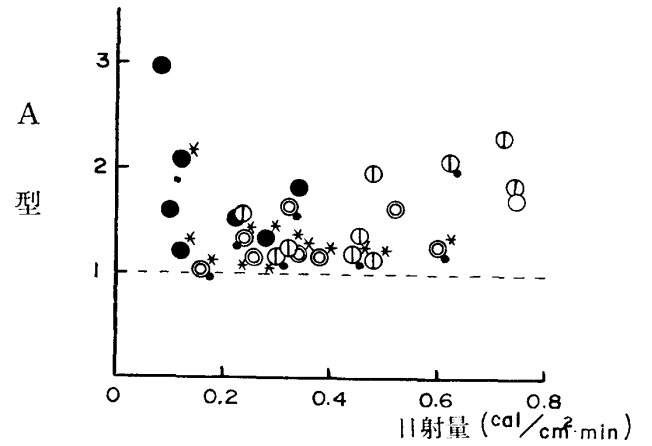
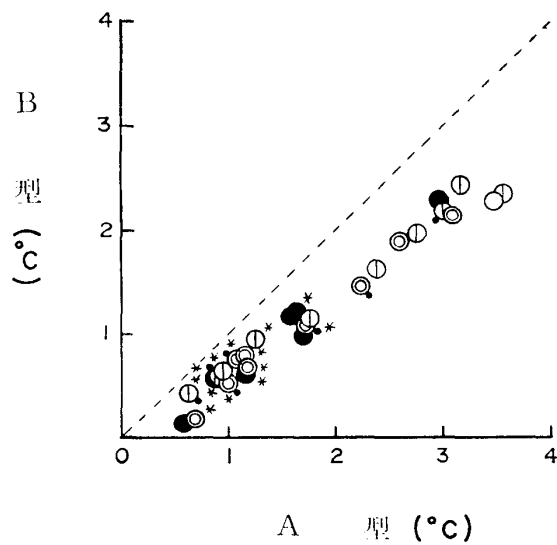
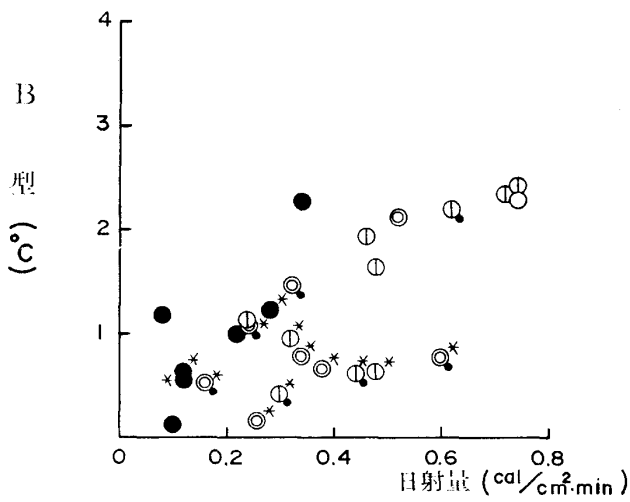
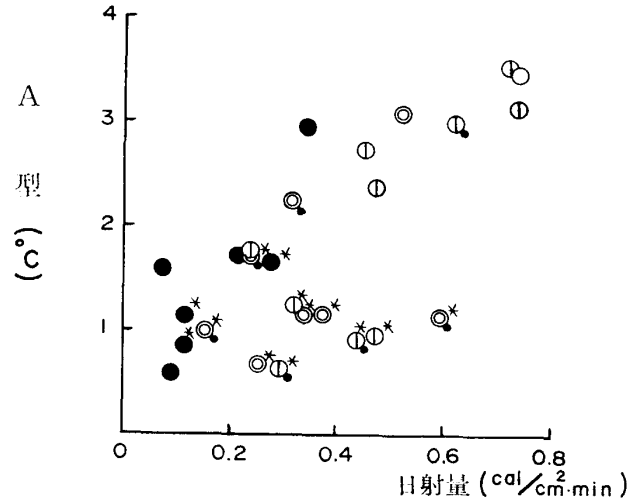
	屋根表面	反射率	日射量	反射量
		%	cal/cm <sup>2</sup> ・min	cal/cm <sup>2</sup> ・min
A型	南	17	1.39	0.23
	北	15	1.24	0.18
B型	南	47	1.42	0.67
	北	45	1.16	0.52

1967・8・7, 1200~1230

に密度の大きいもの比熱の大きいものの採用が必要となると思われる。

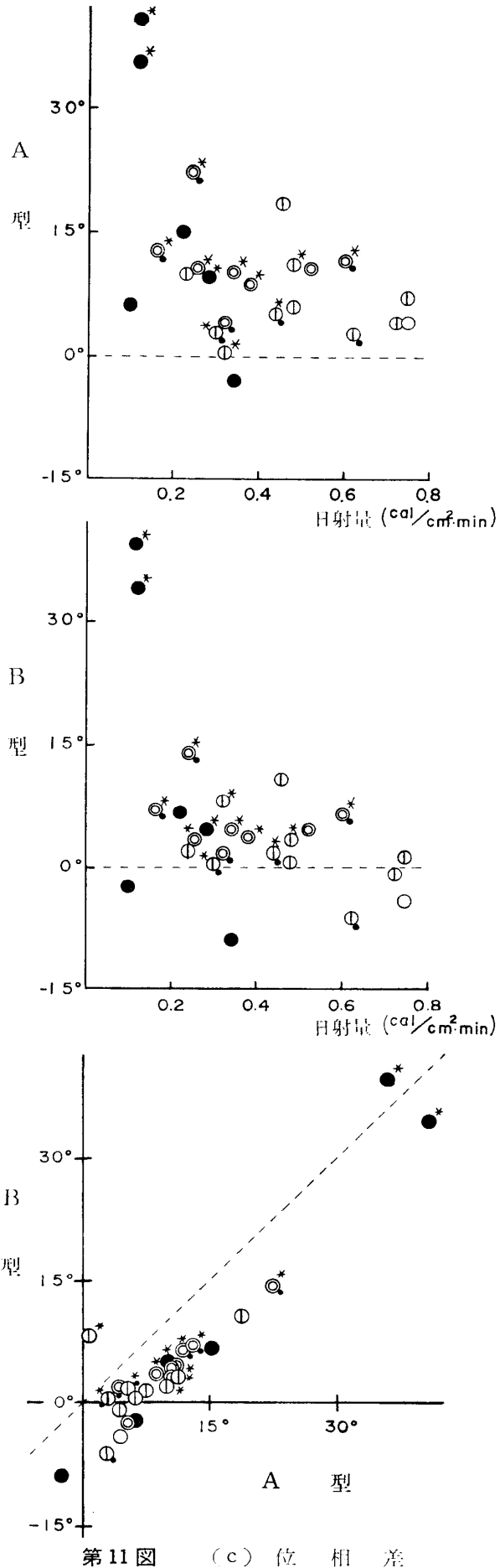
住宅の気候調節作用を論ずる場合、室温の日変化を外気温のそれと比較するのが一方法で、この場合調和解析の方法を用いて調和定数を比較して論議していることは

既述のとおりで、快晴日の例について詳論したが、それ以外の天気日の実態を知ることもまた重要なことである。その目的で1967年7月の毎日の室温および外気温の日変化の資料を調和解析して、室温の平均項すなわち日平均と外気温のそれとの差、いわゆる平均差、室温の1日項の振幅の外気温のそれに対する比、すなわち1日項の振幅比（著者らはこれを室温変動比と名づけ気候調節



第 11 図 (a) 平 均 差

(b) 振 幅 比 (室 温 変 動 比)



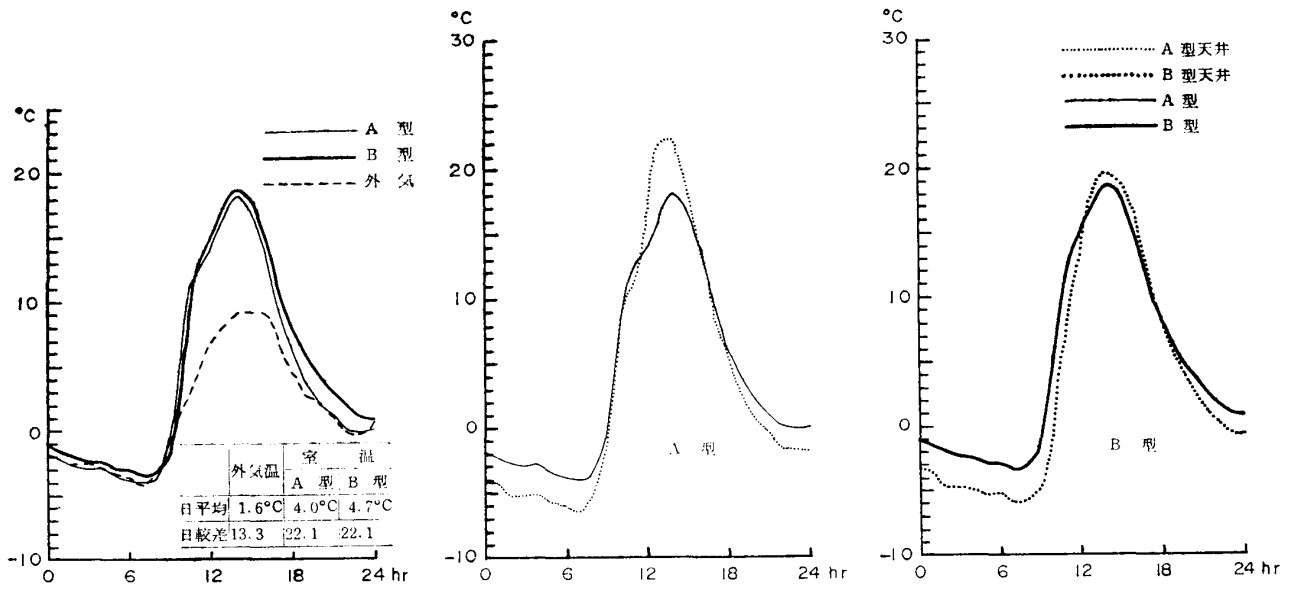
第11図 (c) 位相差

作用, 調温作用の度合いの表示にあてている), ならびに室温の1日項の位相角と外気温のそれとの差, すなわち1日項の位相差を求めてみた. 供試した1室小型住宅の場合, その室温は昼間ことに日中日射の影響を強く受け快晴日の実態にこれが顕著に現われていることは既に見たとおりであるが, 一方日射の効果として室温は外気温に比べてその日平均が高く, すなわち平均差が正になり, しかもそれが日射量とともに大きくなること, また1日項の振幅がより大きく, したがって振幅比が1より大きく, 位相角も大きくすなわち位相差が正になり, さらにこれらも日射量とともにその度合いが大きくなることが予想されるし, 一方これらのことは理論的にも説明されている<sup>4)</sup>ので, これらとその日の日射量の目安として採用した6, 8, 10, 12, 14, 16および18時における水平面日射量の平均値との関係, およびA型およびB型住宅間の関係を第2表の記号を用いて, また昼間窓を開放していた日を\*印で示すことにして, 第11図に描いてみた. これらを見ると一応理論より期待されたとおりの結果になっていることがわかる.

## 2 冬季の室内気候について

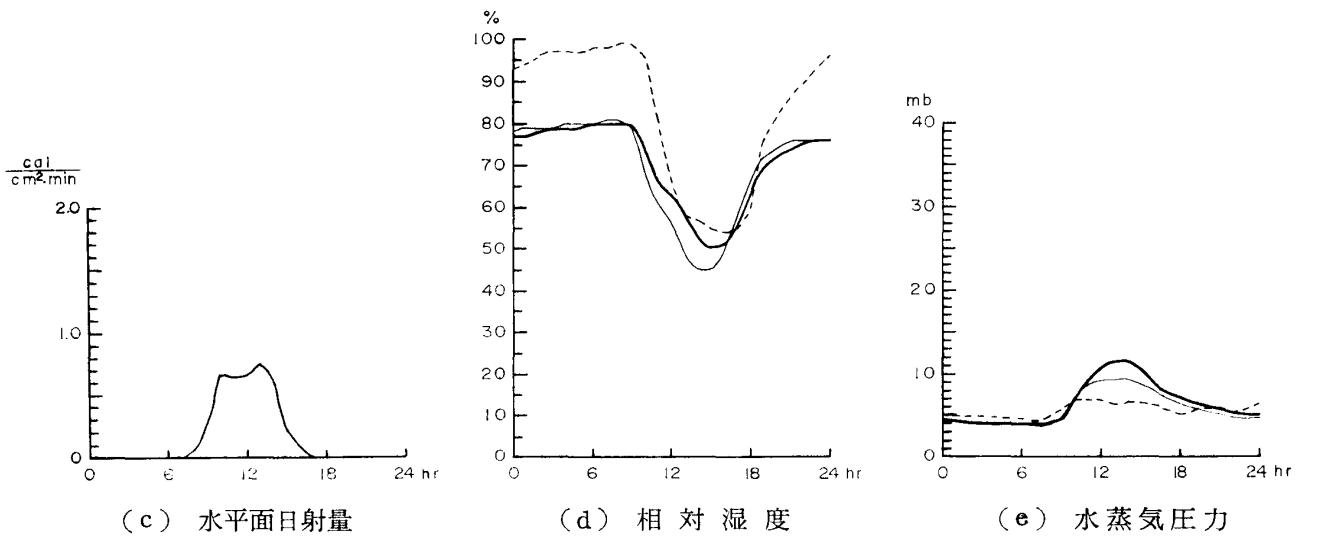
観測資料の処理ならびに解析は夏季の場合と同様にし, また, 快晴日の1例を選んで, まずその日の実態を詳細に示し論議することにしたのも夏季の場合と同じ趣旨である.

第12図は1968年1月12日(窓閉鎖日)のもので, これについてまず室温を中心にみることにする. A型(標準型)の室温は夜間は外気温と比べてほとんど差異がないくらいに低下し, 一方昼間はことに日中は外気温より10度近くも高温を示し, B型(改良型)の場合はA型に比べ夜間は1度前後高く昼間も午前中数時間を除けばやはり幾分高温である. A型およびB型の室温が上述のように夜間は外気温とほぼ同じくらいに低温になり, 昼間ことに日中は外気温より著しく高温になるのは, いずれも夏季の場合と同様, 天井の表面温度などの影響であるとして一応説明できるように思える. しかし, 室温の変化を天井の表面温度のそれとよく比較してみるとB型の場合午前中室温の変化の方が天井の表面温度のそれより明らかに先行していること, A型でも一時的に同様の現象があることがわかるし, さらに日中B型の天井の表面温度がA型のそれほど高温でないのにB型の室温がA型のそれより高温であることも明らかな事実で, これらは一見理解しにくいことであるが, これらの事実はいずれも夜間は別として少くとも昼間における室温の支配的 main 要因は夏季の場合のように天井の表面温度であると断定するには障害になることである. それでは昼間の室温を支



(a) 室温および外気温

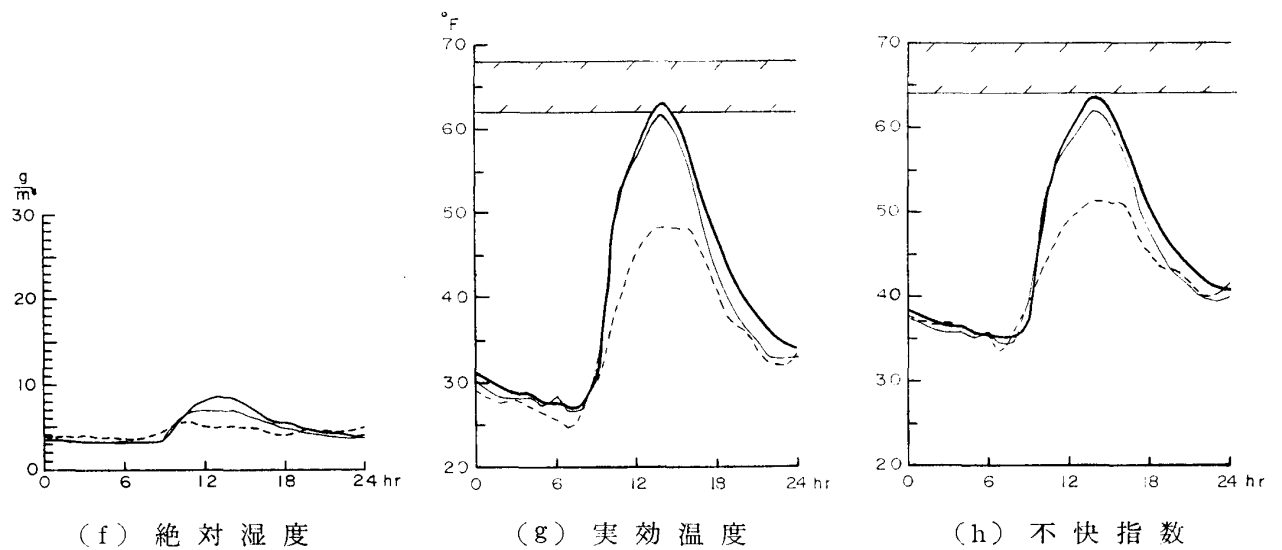
(b) 室温および天井表面温度



(c) 水平面日射量

(d) 相 对 湿 度

(e) 水 蒸 気 圧 力



(f) 絶 对 湿 度

(g) 実 効 温 度

(h) 不 快 指 数

第 12 図 1968・1・12 (快晴日, 窓閉鎖, 日平均雲量0.0, 日照時間7.7)

配する主要因は何なのかという問題が生じてくる。これは室内気候の成立要因の解明を研究目的の1つとする著者らにとって重要問題であるので、その詳細な論議は別の機会にゆずることにするが、結論的にその理由を要約すれば、室温の変化が午前中天井の表面温度のそれより先行するなどの現象は実は南側の外壁の内側の表面温度の効果でそのため生起していることで冬季は夏季と異なり太陽高度が低いいため南側の外壁などに強くあたる日射が外壁の断熱性がかなり高いのにその熱容量が小さいため内側の表面温度などに著しい昇温をもたらし、この表面温度が天井のそれより高温になり、室温を支配するということが説明できること、また、日中B型の天井の表面温度がA型のそれほど高温でないのにB型の室温がA型のそれより高温であることは、やはり南側の外壁の室内側の表面温度のせいで、B型の外壁(らくだ色)がA型のそれ(うす緑色)に比べ日射に対する反射率が小さく(第7表参照)、したがって吸収率が大きく、そのため昼間ことに日中それが相当高温になりB型の外壁の断

熱性および熱容量がA型のそれらに比べてすぐれているのに、B型の外壁の内側の表面温度がA型のそれより幾分高温になり、これが反映してB型の室温がA型のそれより高温になることである。

室内の相対湿度の日変化は室温のその影響を強くうけ、夜間は高く昼間は低いが、外気と比べると、夜間は著しく低く、昼間は幾分低い程度である。室温および外気温の実状を考慮するとこのことは室内の水蒸気量が外気のそれに比べて夜間少なく昼間多いことを示すものであり、室内の壁面、床面などの吸放湿の作用を認識せねばならないことは夏季の場合と同様である。

室内気候の良否の判定に不快指数ならびに実効温度の日変化をしらべ丹羽の冬季快感帯との関連をみてみた。

住宅の気候調節作用を論ずる場合に常とう手段とする室温と外気温の日変化の調和解析の結果を第8表に示し

第7表

	反射率	日射量	反射量
	%	cal/cm <sup>2</sup> ・min	cal/cm <sup>2</sup> ・min
A型	39	0.94	0.37
	37	0.94	0.35
	40	0.94	0.38
B型	21	0.94	0.20
	21	0.90	0.19
	21	0.91	0.19

1969・1・30, 1330~1400

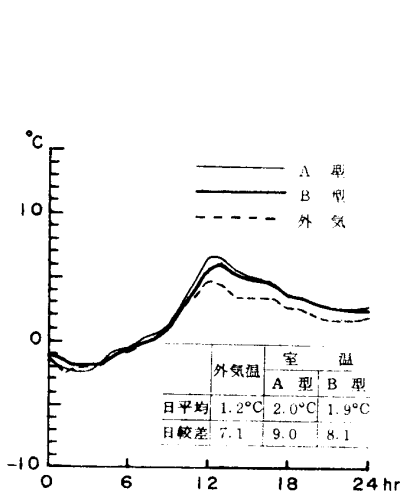
(南外壁表面)

第8表 快晴日 1・12 (窓閉鎖)

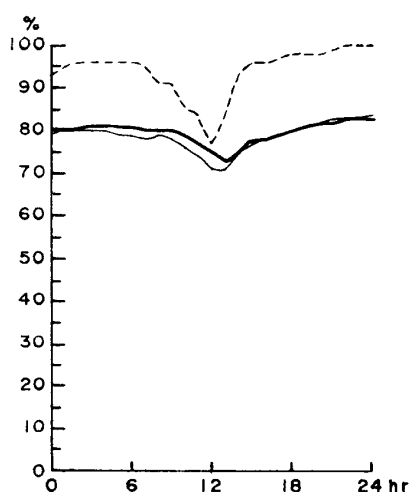
	外気温	室温	
		A型	B型
a <sub>0</sub>	1.66°C	4.06°C (+2.40°C)	4.78°C (+3.12°C)
A <sub>1</sub>	6.17°C	9.64°C ( 1.56 )	9.87°C ( 1.60 )
ε <sub>1</sub>	220°45'	232°45' (+12°0')	226°0' (+5°15')
A <sub>2</sub>	1.96°C	3.92°C ( 2.00 )	3.75°C ( 1.91 )
ε <sub>2</sub>	27°55'	41°40' (+13°45')	38°0' (+10°5')

$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + \dots$$

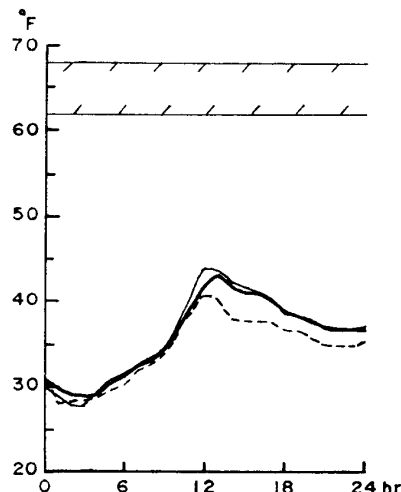
$$\sigma = \frac{2\pi}{T}, T = 24 \text{hr}, t = 0 \text{ 0hr}$$



(a) 室温および外気温



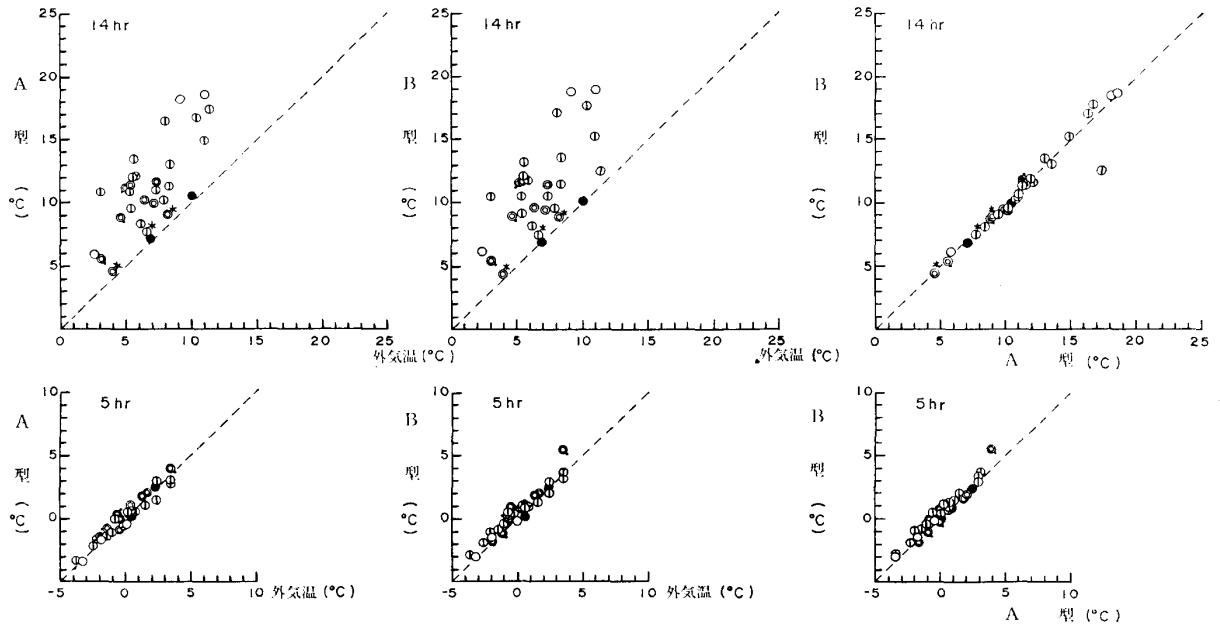
(b) 相対湿度



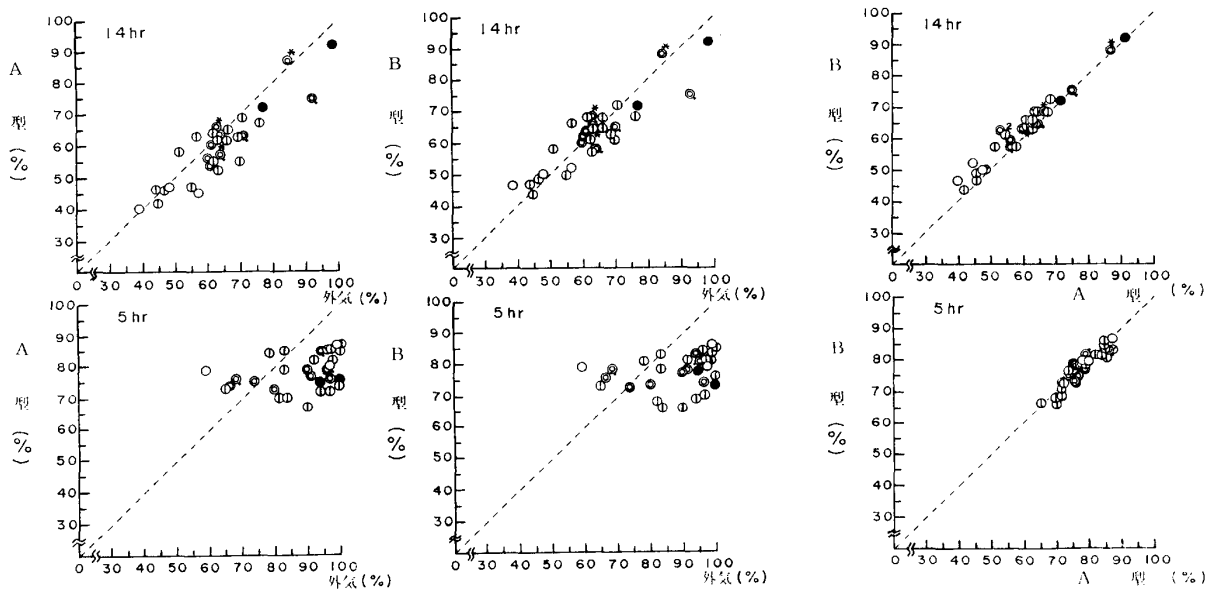
(c) 実効温度

第13図 1968・1・29 (雨天日, 窓閉鎖, 日平均雲量7.8, 日照時間0.0, 日降水量5.5)

1968・1



(a) 室 温



第 14 図

(b) 相 対 湿 度

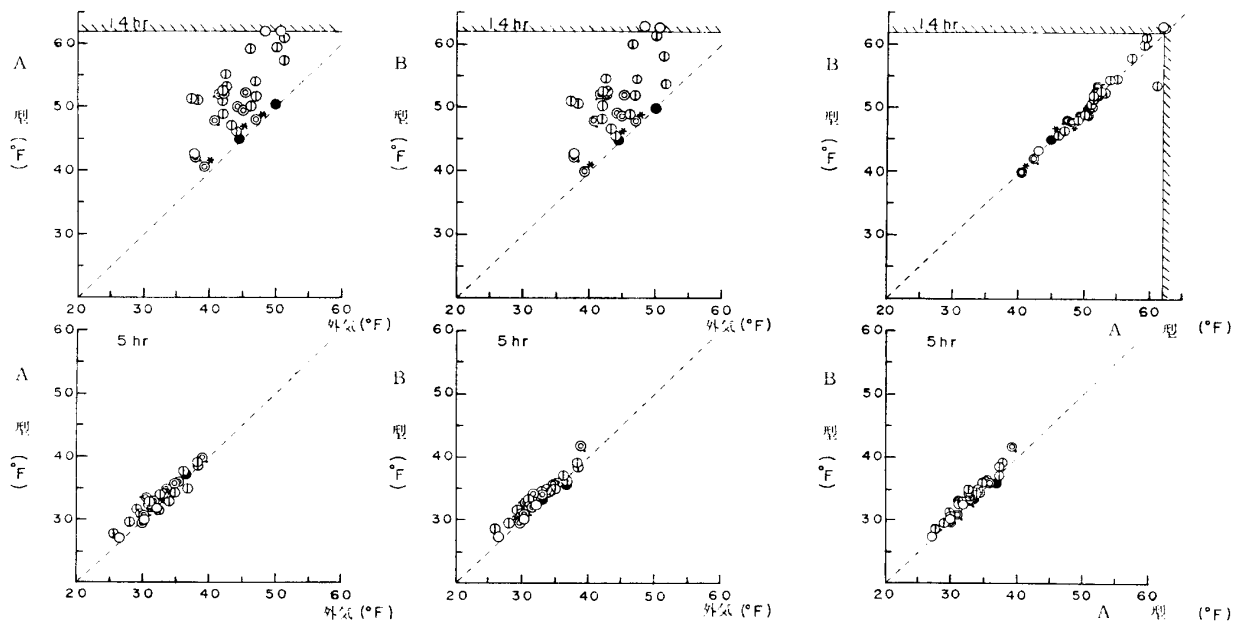
た。A型およびB型の室温の調和定数を外気温のそれと比べると、ともに平均項は高く1日項の振幅は大きく位相角も大きいことがわかる。あとの2つのことは在来の一般の認識に反することであることは、夏季の場合に述べたとおりであるが、このことは第12図の室温と外気温の実状に関連していることで、一応日射の影響として理解できることである。

第13図および第9表は雨天日（窓閉鎖日）の観測ならびに解析の結果で、参考までに示したものである。

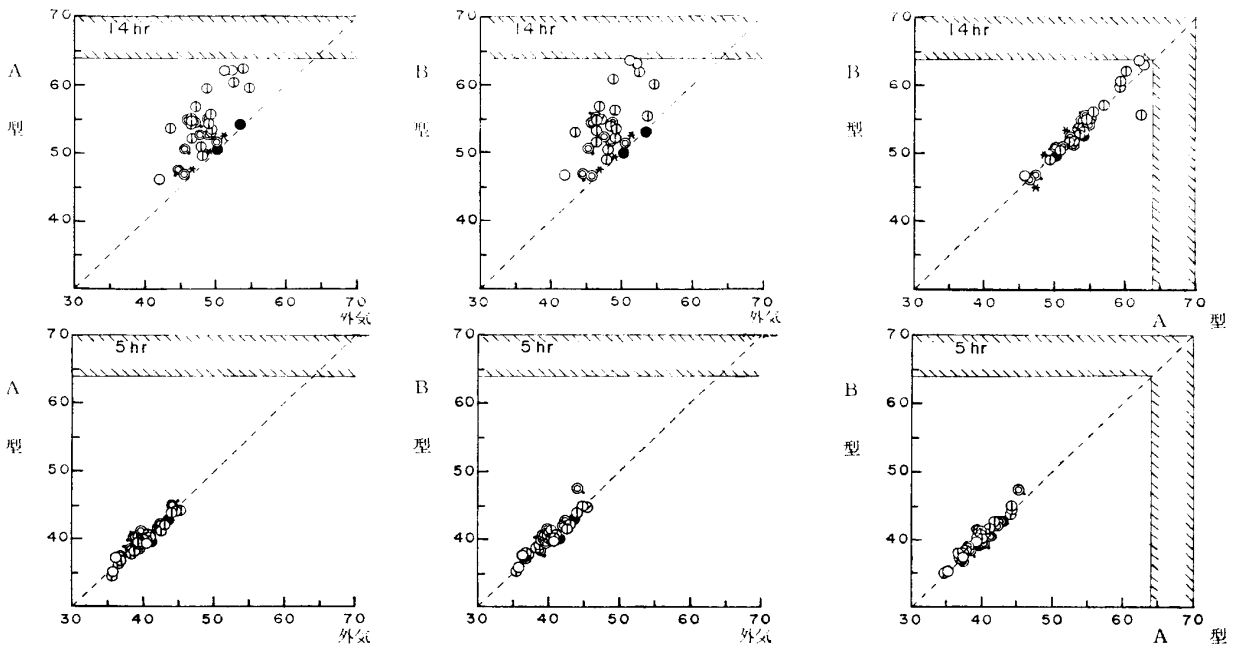
第14図および第15図は1968年1月の資料を用いて描い

第9表 雨天日 1・29（窓閉鎖）

	外 気 温	室 温	
		A 型	B 型
$a_0$	1.16°C	1.95°C (+0.79°C)	1.82°C (+0.66°C)
$A_1$	2.87°C	3.92°C ( 1.37 )	3.67°C ( 1.28 )
$\varepsilon_1$	228°10'	227°40' (-0°30')	222°30' (-5°40')
$A_2$	0.76°C	0.64°C ( 0.84 )	0.56°C ( 0.74 )
$\varepsilon_2$	144°30'	124°25' (-20°5')	124°20' (-20°10')



(c) 実効温度



第14図

(d) 不快指数

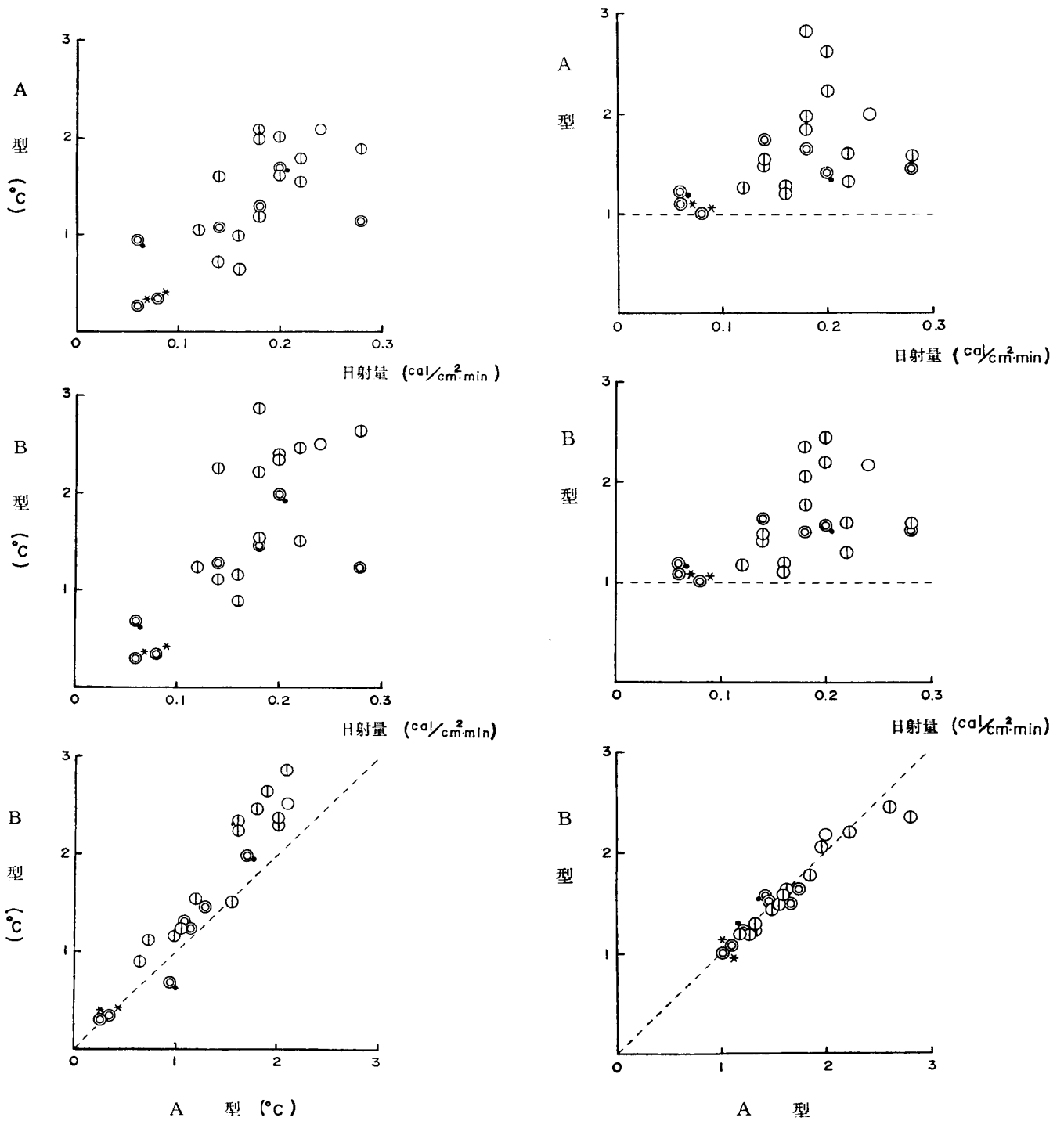
たもので夏季の場合の第10図および第11図にそれぞれ対応するものであり、ともに直観に資するためのものである。

### Ⅲ 多室大型住宅の室内気候

#### 供試住宅および観測方法

供試した多室大型住宅はE社ハウスのC型で、2階建のものであり、その平面図を第16図に示す。その構造・材料、設計ならびに内外部仕上げなどを略述すると次の

とおりである。屋根は野地板、アスファルトルーフィング、彩色石綿セメント板ぶき、さらに和室の場合、断熱材(グラスウール)を裏にはりつけた杉はりまさき合板さお縁、洋室の場合、同じく断熱材ばりの化粧石こうボードの天井張りで、外壁は断熱材を封入した合板(内側は化粧合板)の壁パネルに外側をラス下地モルタル塗り刷毛引きリシン吹き付け仕上げ、床は和室は杉板張り畳敷、洋室は合板張りフローリング、建具は大部分アルミサッシ窓、木製雨戸付きであった。なお、屋根・天井



第 15 図 (a) 平 均 差

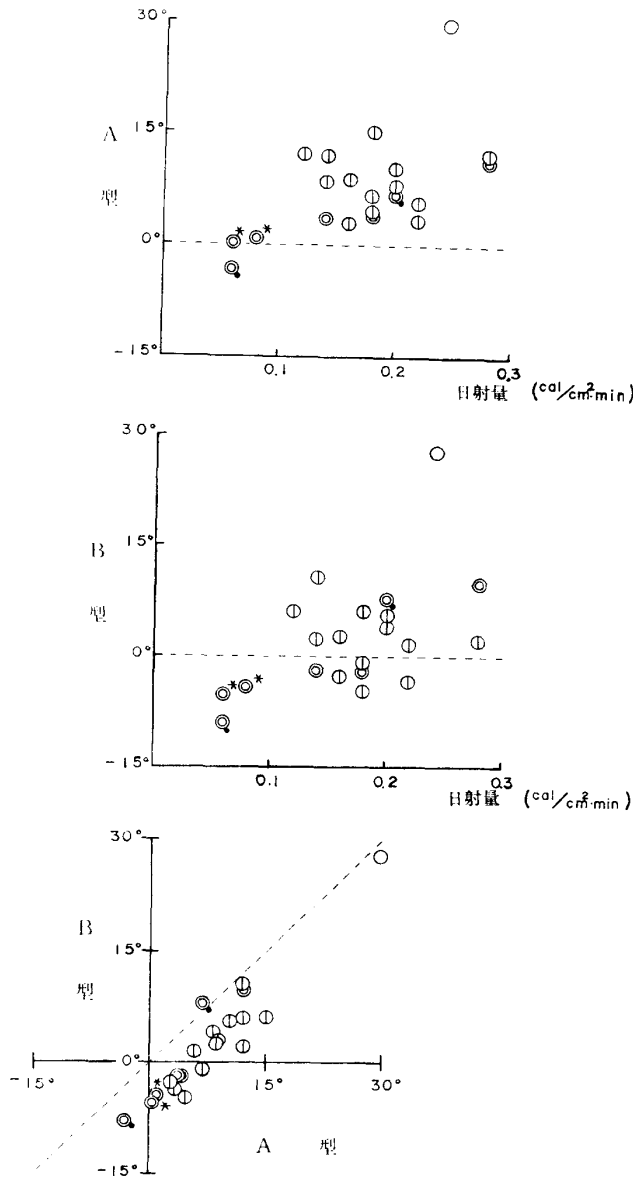
(b) 振 幅 比 (室 温 変 動 比)

(総合), 外壁ならびに床の熱貫流率 (単位: kcal/m<sup>2</sup> hr°C) はそれぞれ 0.83, 0.84 ならびに 0.97 (和室), 2.10 (洋室) で先の小型住宅の B 型 (改良型) なみの断熱性とみられるが, 構造・材料などから判断して熱容量は幾分大きいように思われる. この供試住宅は学外の一般住宅地に建設のものであるが, この住宅の南側にはこの住宅の室内気候に影響するほどの建造物や樹木はな

く, 百葉箱は南側に設置した.

本観測は室温を中心に行ない, 1, 2 階の和, 洋室を研究対象として各室の中央の床上 90 cm (座姿呼吸線) の高さで室温を, 百葉箱内の地上 1.5m の高さで外気温をサーミスター抵抗温度計を用いて測定し, これを変換器を通じて電子式自動平衡記録計に接続して自記記録させた.





第 15 図 (c) 位 相 差

観測ならびに解析の結果の概要と考察

室内気候の特徴は快晴日に顕著に発現するので、このような日を選んで論議に資するのが本来のあり方であるが、本観測の際は上記の条件に沿う日が少なかった。しかしそれでも室内気候の特徴の検出にある程度は役だつと判断される日を選んで処理し解析することとした。選んだのは 1969 年 7 月 19 日 (快晴日, 窓開放日), 7 月 21

日 (晴天日, 窓閉鎖日) および 1970 年 3 月 2 日 (曇天日, 窓閉鎖日) で, 前 2 者は夏季の, 後者は日のずれはあるが冬季の観測例としたものである。

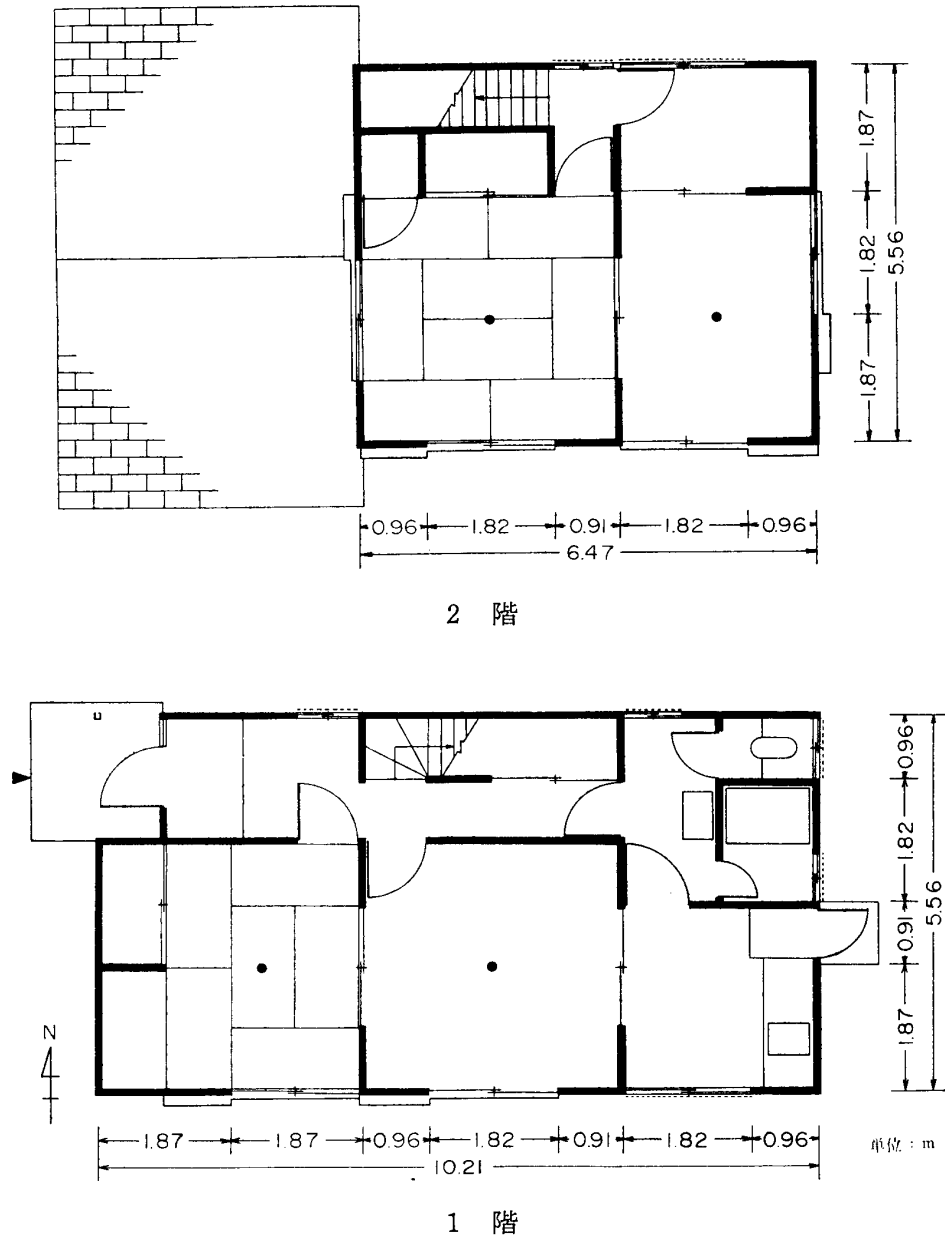
第 17 図および第 18 図, ならびに第 10 表および第 11 表はこれらの日の室温および外気温の観測と調和解析の結果を示したものである。本観測が室温を中心としたのは住宅の使命の第一である気候調節作用は特にその室温において住宅の構造・材料などを反映して顕著に現われるからであり, 多室大型住宅の場合には 1 室小型住宅の場合にその建築様式ゆえに何らかの欠陥が現われるにしてもそれが緩和され, 場合によっては消失することも予想されるので, この立場にたつて観測の実態の理解とそれに対する考察を進めていくこととする。

まず, 夏季の窓開放日 (7 月 19 日, 昼間窓開放) の例をみると 1, 2 階和, 洋室いずれも室温は, 夜間は窓を閉鎖していたためでもあるが, ほとんど差異がないことと同時にいずれも外気温より著しく高温を保っており, 昼間ことに日中は外気温とほぼ同温で, ただ 1 階洋室の場合は少し低くなっている。これらの実態は 1 室小型住宅にみられた様相と異なり, 窓閉鎖日 (7 月 21 日) の実状と合わせて生因的には当然予想されていたことで, 小型住宅にみられた欠陥はある程度緩和され, 1 階洋室の場合は消失すらしている。

これらのことを調和解析の結果でみると, この場合各室の室温は外気温に比べ平均項  $a_0$  はもちろん高いが, 1 日項の振幅  $A_1$  は小さく, その位相角  $\epsilon_1$  も小さく, 在来の認識どおりとなっており (第 4 表参照), 気候調節作用がある程度果されていることがわかる。

次に冬季の窓閉鎖日 (3 月 2 日) の例をみると, 1, 2 階和, 洋室とも夜間室温が外気温より著しく高いことは夏季と同じであるが, 夏季の場合と幾分趣きを異にするのは, 1 階の洋室が 1 階の和室, 2 階の和, 洋室より室温がある程度高いことである。このことはとくに理解しにくいことではないが夏季の夜間がそうでないことをみると疑念は残る。昼間ことに日中は 1, 2 階和, 洋室いずれも室温は外気温より相当高温となっているが, この現象は冬季太陽高度が低く, 南側の外壁にあたる日射の効果は小型住宅の場合と同じように室温にまで及ぶと考えれば理解できることである。調和解析の結果にこれらの実状がそのままできて夏季の場合とはいくらか異なる結果となっている。

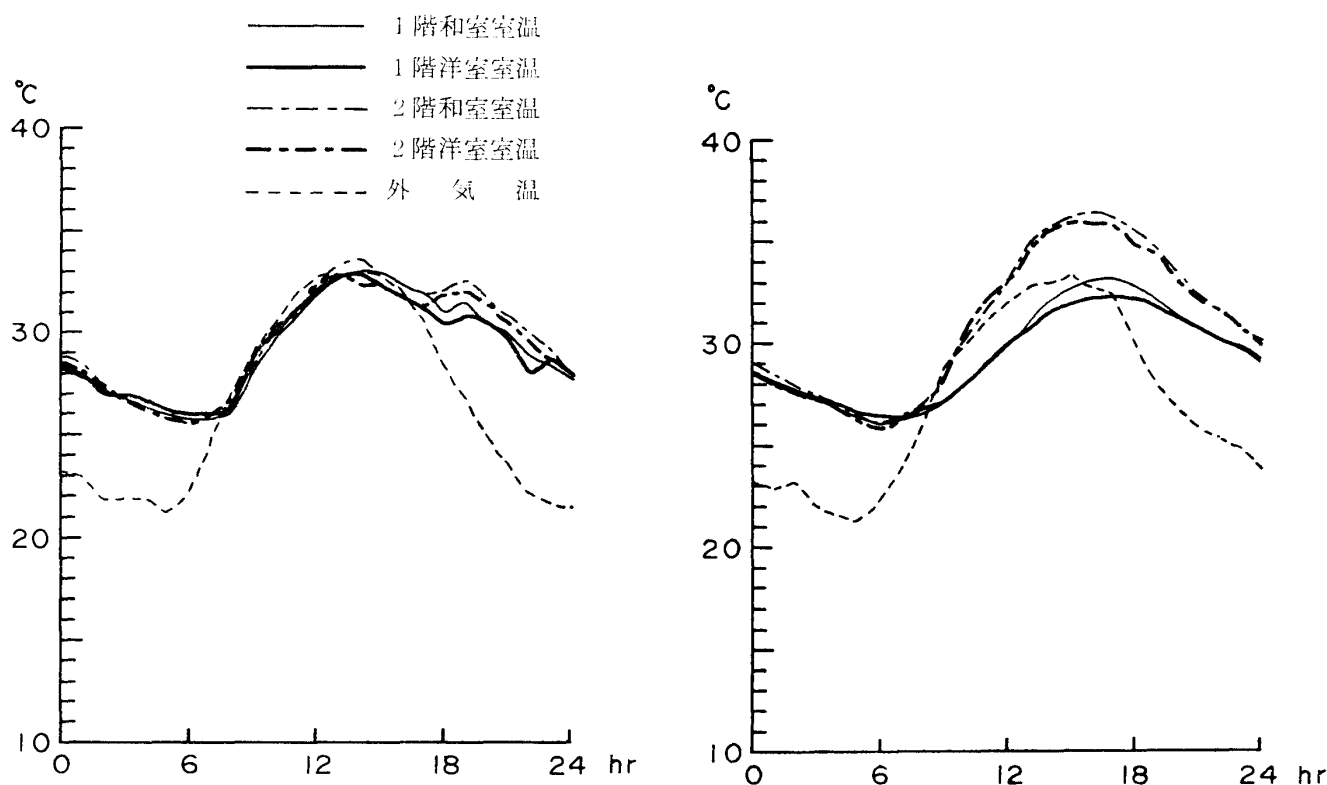
(1972 年 7 月 31 日 受理)



第 16 図

第 10 表 (a) 快晴日 7・19 (窓開放)

	外 気 温	室 温			
		1 階 和 室	1 階 洋 室	2 階 和 室	2 階 洋 室
$a_0$	26.79°C	29.31°C (+2.52°C)	29.25°C (+2.46°C)	29.86°C (+3.07°C)	29.56°C (+2.77°C)
$A_1$	5.98°C	3.34°C ( 0.56 )	3.11°C ( 0.52 )	3.63°C ( 0.61 )	3.29°C ( 0.55 )
$\epsilon_1$	245°30'	210°40' (-34°50')	216°15' (-29°15')	205°35' (-39°55')	208°45' (-36°45')
$A_2$	1.11°C	1.04°C ( 0.94 )	0.97°C ( 0.87 )	0.98°C ( 0.88 )	0.85°C ( 0.77 )
$\epsilon_2$	57°50'	55°25' (+2°25')	58°30' (+0°40')	77°15' (+19°25')	84°10' (+26°20')



(a) 1969・7・19 (快晴日, 窓開放, 日平均雲量2.0, 日照時間11.5)

(b) 1969・7・21 (晴天日, 窓閉鎖, 日平均雲量2.5, 日照時間9.1)

第 17 図

第 10 表 (b) 晴天日 7・21 (窓閉鎖)

	外 気 温	室 温			
		1 階 和 室	1 階 洋 室	2 階 和 室	2 階 洋 室
$a_0$	27.20°C	29.38°C(+2.18°C)	29.28°C(+2.08°C)	31.08°C(+3.88°C)	30.88°C(+3.68°C)
$A_1$	5.59°C	3.34°C( 0.60 )	2.89°C( 0.52 )	5.02°C( 0.90 )	4.88°C( 0.87 )
$\epsilon_1$	231°40'	191°50'(-39°50')	189°5'(-42°35')	200°50'(-30°50')	203°45'(-27°55')
$A_2$	0.86°C	0.50°C( 0.58 )	0.34°C( 0.40 )	0.69°C( 0.80 )	0.57°C( 0.66 )
$\epsilon_2$	66°10'	348°30'(+282°20')	350°0'(+283°50')	16°45'(-49°25')	39°0'(-27°10')

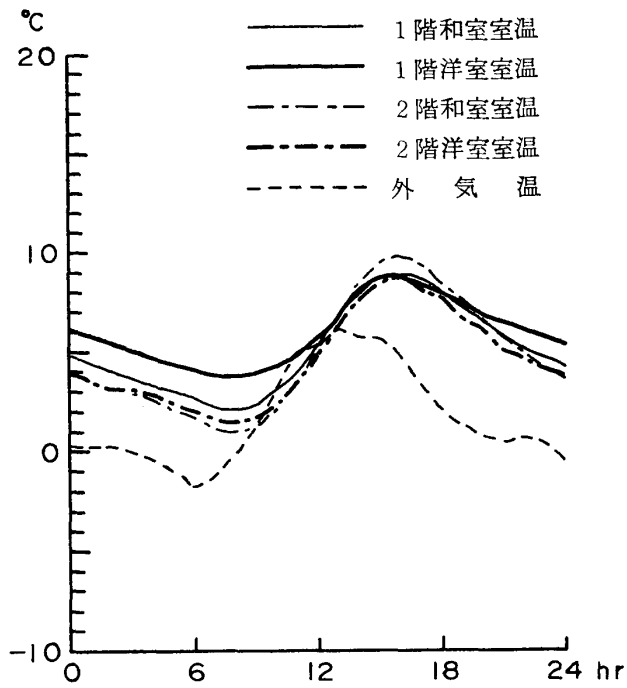
$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + \dots \quad \sigma = \frac{2\pi}{T}, \quad T=24 \text{ hr}, \quad t=0 \text{ 0 hr}$$

第 11 表 曇天日 3・2 (窓閉鎖)

	外 気 温	室 温			
		1 階 和 室	1 階 洋 室	2 階 和 室	2 階 洋 室
$a_0$	1.76°C	5.13°C(+3.37°C)	5.99°C(+4.23°C)	4.89°C(+3.13°C)	4.63°C(+2.87°C)
$A_1$	2.98°C	2.89°C( 0.97 )	2.02°C( 0.68 )	3.69°C( 1.24 )	3.05°C( 1.02 )
$\epsilon_1$	232°30'	188°10'(-44°20')	182°50'(-49°40')	190°15'(-42°15')	189°10'(-43°20')
$A_2$	1.58°C	1.04°C( 0.66 )	0.89°C( 0.56 )	1.43°C( 0.91 )	1.20°C( 0.76 )
$\epsilon_2$	55°25'	348°0'(-67°25')	352°0'(-63°25')	345°10'(-70°15')	342°35'(-72°50')

文 献

- 1) 渡辺 要：建築学大系22, 室内環境計画, 312 (1969)
- 2) 丹羽孝一：国民衛生第14卷第5号, 487 (1937)
- 3) 東 修三：調和解析について (1972)
- 4) 東 修三：京府大学報, 理・生・福, 第20号 29 (1969)



1970・3・2

(曇天日, 窓閉鎖, 日平均雲量9.3, 日照時間5.3)

第 18 図