



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	硝子張空間の設計初期段階における温熱環境簡易予測用ソフトウェアの有用性：北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究（3）
Author(s)	森田，謙太郎；森， 傑
Citation	日本建築学会技術報告集，17(36)，611-616 https://doi.org/10.3130/aijt.17.611
Issue Date	2011-06-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/49325
Rights	JST.JSTAGE/aijt/17.611
Type	journal article
File Information	AIJT, 17(36), 611-616. pdf



硝子張空間の設計初期段階における温熱環境簡易予測用ソフトウェアの有用性

— 北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究 (3) —

USEFULNESS OF COMPUTER SOFTWARE FOR SIMPLIFIED SIMULATION OF THERMAL ENVIRONMENT ON THE EARLY STAGE OF DESIGNING OF GLASS-ED-IN SPACES

— A study on planning of glass-ED-in spaces of detached houses in Hokkaido (part 3) —

森田謙太郎 — * 1 森 傑 — * 2

Kentaro MORITA — * 1 Suguru MORI — * 2

キーワード:

硝子張空間, 戸建住宅, 積雪寒冷地, 温熱環境, シミュレーション予測, 設計支援

Keywords:

Glass-ED-in space, Detached house, Snowy cold region, Thermal environment, Simulation prediction, Design support

Authors developed computer software for simplified simulation of thermal environment of glass-ED-in spaces. By using the software, this paper shows how to adjust the temperature of glass-ED-in spaces through the methodical analysis in different design conditions and climate conditions. It is found that the software is useful for designing of glass-ED-in spaces when the architect cannot empirically predict the thermal environment by changing design conditions. Besides, the software is especially useful in reduction of time and labor when the architect makes various studies and inputs many different conditions on the early stage of designing.

1. はじめに

高断熱ガラスが広く普及した現在では、積雪寒冷な北海道の住宅でもガラスを多用する空間（以下、硝子張空間）が屋内気候を保持しつつ屋外気候を享受できる内と外の緩衝空間として有用視される。

先行研究^{1), 2)}において、満足度の高い硝子張空間を設計するためには計画段階で温熱環境を或る程度予測し、温熱環境の調整方法を検討する必要があるとして、筆者らは硝子張空間の室内気温（以下、室温）などを予測可能で、且つ暖房と換気による調整の影響を予測に加味できるソフトウェアを開発した。本ソフトウェアは、できる限り簡易な入力方法と計算方法を目指した温熱環境簡易予測を主旨としている。前報²⁾では、現実の気象条件下における実大硝子張空間の実測値と予測値を比較し、予測結果を用いて温熱環境の大局的な傾向把握や相対的な性質比較が可能であることを報告した。本報では、実験上の制約から実大硝子張空間では実測が困難である、形態などの建築構成条件や気象条件を変化させた場合の室温を、予測結果を用いて系統的に把握するとともに室温調整方法を検討する。検討を通して、本ソフトウェアが硝子張空間の設計支援ツールとして、どのような有用性を持つかを提示することを目的とする。

シミュレーション予測を用いて室内温熱環境に関わる要因の相互影響を分析する研究は、現在までに多数見受けられる。長谷川ら³⁾は、独自に提案した数値計算法を用いてパッシブソーラーシステムを想定した単室モデルの室温を予測し、断熱、集熱、蓄熱条件が室温に与える影響を個々の要因別に分析している。樋口ら⁴⁾は、暖冷房消

費エネルギー評価プログラム SMASH (IBEC) を用いて学校教室モデルの熱負荷を予測し、日射熱取得、断熱、冷暖房条件が熱負荷の軽減に与える効果を実験計画法に基づき系統的に分析している。

既往研究を参照し本報では、筆者らが開発したソフトウェアを用いて硝子張空間モデルの室温を予測し、硝子張空間の方位、幅、奥行、高さ、ガラス種類、日除け有無、室内表面色が室温に与える影響を実験計画法に基づき系統的に分析する。上記7要因の水準選択による意匠設計での室温調整方法を検討した後に、暖房、換気が室温に与える影響も併せて分析し、暖房と換気の条件選択による設備設計での室温調整方法を検討する。意匠設計と設備設計を分けて検討する理由は、形態操作や素材選択などの意匠設計でエネルギー消費や居住者負担をできる限り減らす方法を模索した上で、暖房や換気などの設備設計で室温調整方法を検討すべきと考えるためである。

2. 意匠設計での室温調整方法の検討

硝子張空間を先行研究^{1), 2)}の形態的分類で示すように直方体で簡易表現すると、室内外の境界面を構成するガラス面と多層断熱面の組み合わせは図1に示す①～⑨形の9種類となり、これを硝子張空間の基本モデルと呼ぶ。各基本モデルで表1に示す7要因の水準を組み替えた18通りの計算を行い、各要因が室温に与える影響を重回帰分析により求める。本報の分析方法は、実験計画法の中でL18直交表を用いたタグチメソッド⁵⁾の簡便法と呼ばれる。硝子張空間の方位は東、西、南、北向きの4水準とし、L18直交表の1、2列目を

¹⁾ 北海道大学大学院工学院 博士課程・修士（工学）
（〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目）

²⁾ 北海道大学大学院工学研究院 教授・博士（工学）

¹⁾ Ph.D. Candidate, Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ., M. Eng.

²⁾ Prof., Faculty of Engineering, Hokkaido Univ., Ph.D. Eng.

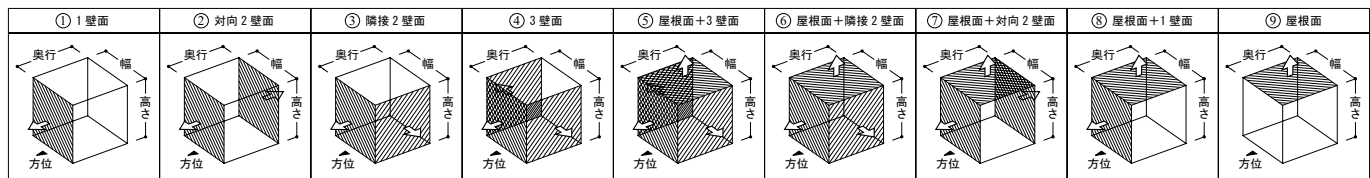


図1 硝子張空間の基本モデル

表1 L18 直交表の割り付け内容

* 閉鎖時刻: 18-6 時 (冬晴 2/19), 17-6 時 (冬曇 1/1), 4-19 時 (夏晴 7/7), 5-19 時 (夏曇 7/30)

L18	1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列	方位	日除け	ガラス種類	室内表面色	幅	奥行	高さ
1	1	1	1	1	1	1	1	1	南向き	無し	複層	白 (日射吸収率0.26)	2.5 m	2.5 m	2.5 m
2	1	1	2	2	2	2	2	2	南向き	半日閉鎖*	日射取得型Low-E複層	灰 (日射吸収率0.50)	5.0 m	5.0 m	5.0 m
3	1	1	3	3	3	3	3	3	南向き	全日閉鎖	日射遮蔽型Low-E複層	黒 (日射吸収率0.84)	7.5 m	7.5 m	7.5 m
4	1	2	1	1	2	2	3	3	西向き	無し	複層	灰 (日射吸収率0.50)	5.0 m	7.5 m	7.5 m
5	1	2	2	2	3	3	1	1	西向き	半日閉鎖*	日射取得型Low-E複層	黒 (日射吸収率0.84)	7.5 m	2.5 m	2.5 m
6	1	2	3	3	1	1	2	2	西向き	全日閉鎖	日射遮蔽型Low-E複層	白 (日射吸収率0.26)	2.5 m	5.0 m	5.0 m
7	1	3	1	2	1	3	2	3	北向き	無し	日射取得型Low-E複層	白 (日射吸収率0.26)	7.5 m	5.0 m	7.5 m
8	1	3	2	3	2	1	3	1	北向き	半日閉鎖*	日射遮蔽型Low-E複層	灰 (日射吸収率0.50)	2.5 m	7.5 m	2.5 m
9	1	3	3	1	3	2	1	2	北向き	全日閉鎖	複層	黒 (日射吸収率0.84)	5.0 m	2.5 m	5.0 m
10	2	1	1	3	3	2	2	1	東向き	無し	日射遮蔽型Low-E複層	黒 (日射吸収率0.84)	5.0 m	5.0 m	2.5 m
11	2	1	2	1	1	3	3	2	東向き	半日閉鎖*	複層	白 (日射吸収率0.26)	7.5 m	7.5 m	5.0 m
12	2	1	3	2	2	1	1	3	東向き	全日閉鎖	日射取得型Low-E複層	灰 (日射吸収率0.50)	2.5 m	2.5 m	7.5 m
13	2	2	1	2	3	1	3	2	南向き	無し	日射取得型Low-E複層	黒 (日射吸収率0.84)	2.5 m	7.5 m	5.0 m
14	2	2	2	3	1	2	1	3	南向き	半日閉鎖*	日射遮蔽型Low-E複層	白 (日射吸収率0.26)	5.0 m	2.5 m	7.5 m
15	2	2	3	1	2	3	2	1	南向き	全日閉鎖	複層	灰 (日射吸収率0.50)	7.5 m	5.0 m	2.5 m
16	2	3	1	3	2	3	1	2	北向き	無し	日射遮蔽型Low-E複層	灰 (日射吸収率0.50)	7.5 m	2.5 m	5.0 m
17	2	3	2	1	3	1	2	3	北向き	半日閉鎖*	複層	黒 (日射吸収率0.84)	2.5 m	5.0 m	7.5 m
18	2	3	3	2	1	2	3	1	北向き	全日閉鎖	日射取得型Low-E複層	白 (日射吸収率0.26)	5.0 m	7.5 m	2.5 m

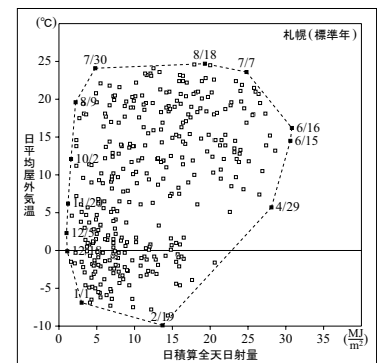


図2 計算日の気象データ

用いて多水準作成法と擬水準法により割り付けている。幅、奥行、高さは事例の硝子張空間の最大規模 (56 m²、3 層) と最小規模 (5 m²、1 層) を踏まえて換算し、端数処理を行い 2.5、5.0、7.5 m の 3 水準とする。ガラス種類は汎用性の観点から複層、日射取得型 Low-E 複層、日射遮蔽型 Low-E 複層ガラスの 3 水準とする。日除け有無は日除け無し、全日閉鎖の 2 水準に、夏期は昼間日射遮蔽と夜間放熱のため昼間のみ閉鎖、冬期は昼間日射取得と夜間断熱のため夜間のみ閉鎖とする半日閉鎖の 1 水準を加えて 3 水準とする。室内表面色は白色 (日射吸収率 0.26)、灰色 (同 0.50)、黒色 (同 0.84) の 3 水準とする。硝子張空間の室温に影響を与える要因は上記以外にも種々に存在するが、本報では意匠設計の実務において特に検討されと考えられる形態操作と素材選択に関する要因を設定した。

予測に用いる気象条件は、拡張アメダス気象データ⁶⁾における北海道札幌市の標準年から設定する。図2に示すように日平均屋外気温の低さと日積算全日射量の多寡により、冬期晴天日として2月19日、冬期曇天日として1月1日を設定し、同様に日平均屋外気温の高さと日積算全日射量の多寡により、夏期晴天日として7月7日、夏期曇天日として7月30日を設定した。

重回帰分析により得られた日最高、日平均、日最低室温に対する各要因の影響度を図3に示す^{注1)}。日最高、日平均室温に対する影響度を見ると、ガラス面の向く方位により日射熱取得が著しく制限される①形などを除いて、ガラス種類の影響度が最も大きい。次いで硝子張空間の方位の影響度が大きく、幅、奥行、高さの何れか、日除け有無の順に影響度は小さくなり、室内表面色の影響度は小さい。日最低室温に対する影響度を見ると、屋根面が多層断熱面の①～④形は冬期、屋根面がガラス面の⑤～⑨形は夏期において、硝子張空間の高さの影響度が最も大きい。次いでガラス種類の影響度が大きく、方位、幅、奥行、日除け有無、室内表面色の影響度は小さい。

硝子張空間の方位、幅、奥行、高さが室温に与える影響は、基本モデルの種類によっては大きくなるため、硝子張空間の形態操作においては室温に配慮したデザイン上の制約が求められる。これに対

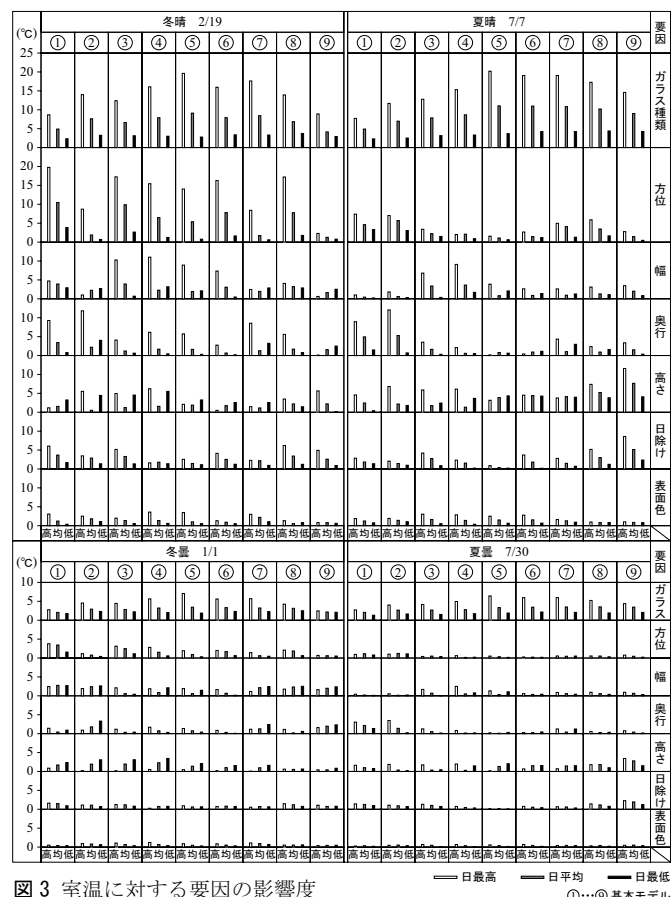


図3 室温に対する要因の影響度

しガラス種類が室温に与える影響は、どの基本モデルについても大きい、光学特性の差異であるため外観上の違いがさほど無く、また日除け有無、室内表面色が室温に与える影響は小さいため、硝子張空間の素材選択においてはデザイン上の制約が少ないと言える。

重回帰分析により得られた回帰式^{注2)}を用いて計算した、各要因の水準に対する日最高、日平均、日最低室温を図4に示す。水準の

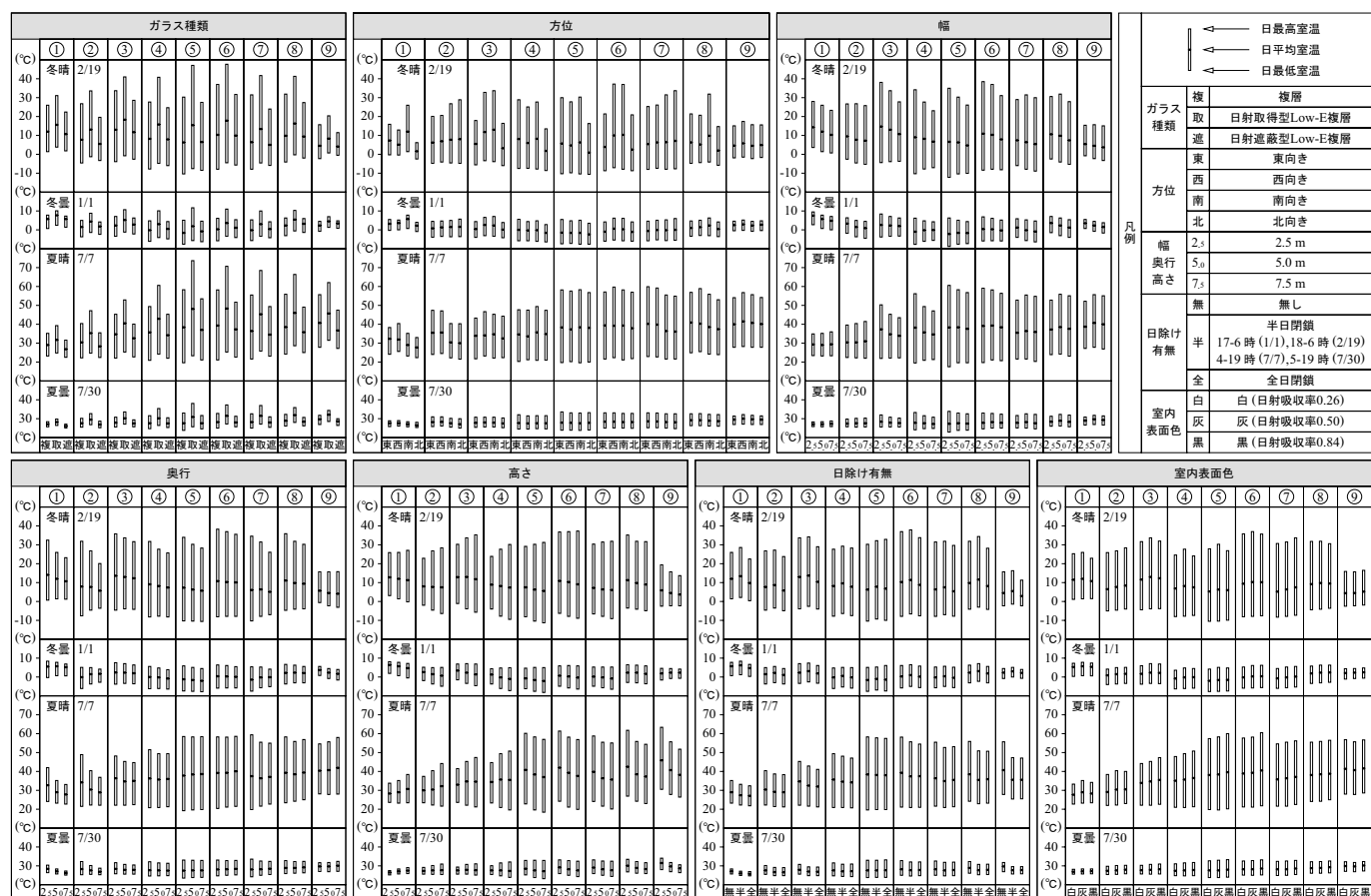


図4 要因の水準に対する室温

①…⑨ 基本モデル

違いによる室温の差異を分析し、冬期の室温上昇と夏期の室温下降を評価軸として、各要因の推奨水準を検討する。前述した影響度の結果から、主として日最高、日平均室温の差異を分析し、ガラス種類、硝子張空間の高さについては室温日較差（日最高室温と日最低室温の差）の差異も考慮する。

(1) **ガラス種類**：①～⑨形の全てで、冬期と夏期の室温は複層、日射遮蔽型 Low-E 複層ガラスの場合と比べて日射取得型 Low-E 複層ガラスの場合に著しく高い。冬期と夏期の室温日較差は日射遮蔽型 Low-E 複層ガラスの場合に最も小さく、複層、日射取得型 Low-E 複層ガラスの順に大きくなる。従ってガラス種類は日射遮蔽型 low-E 複層ガラスが推奨される。

(2) **方位**：①、⑧形では、冬期の室温はガラス面が南面の場合に最も高く、北面の場合に最も低い。夏期の室温はガラス面が東、西面の場合と比べて南、北面の場合に低い。従って方位は南向きが推奨される。②、⑦形では、冬期の室温はガラス面が東西面の場合と比べて南北面の場合に高い。夏期の室温はガラス面が東西面の場合と比べて南北面の場合に低い。従って方位は南、北向きが推奨される。③、⑥形では、冬期の室温はガラス面が北東、北西面の場合と比べて南東、南西面の場合に高い。夏期の室温は方位による差異が見られない。従って方位は南、西向きが推奨される。④、⑤形では、冬期の室温はガラス面が北東西面の場合と比べて南東西、南北東、南北西面の場合に高い。夏期の室温は方位による差異が見られない。従って方位は南、東、西向きが推奨される。⑨形では、冬期と夏期の室温は方位による差異が見られない。

(3) **幅**：①～⑨形の全てで、冬期の室温は 2.5 m の場合に最も高く、5.0、7.5 m の順に低くなる。①、②、⑦～⑨形では、夏期の室温は 2.5 m の場合に最も低く、5.0、7.5 m の順に高くなる。③～⑥形では、夏期の室温は 7.5 m の場合に最も低く、5.0、2.5 m の順に高くなる。従って①、②、⑦～⑨形は幅の狭い形態が推奨される。

(4) **奥行**：①～⑨形の全てで、冬期の室温は 2.5 m の場合に最も高く、5.0、7.5 m の順に低くなる。①、②、⑦形では、夏期の室温は 7.5 m の場合に最も低く、5.0、2.5 m の順に高くなる。③～⑥、⑧、⑨形では、夏期の室温は奥行による差異が見られない。従って③～⑥、⑧、⑨形は奥行の浅い形態が推奨される。

(5) **高さ**：①～④形では、冬期の室温は 7.5 m の場合に最も高く、5.0、2.5 m の順に低くなる。夏期の室温は 2.5 m の場合に最も低く、5.0、7.5 m の順に高くなる。冬期と夏期の室温日較差は 2.5 m の場合に最も小さく、5.0、7.5 m の順に大きくなる。⑤～⑨形では、冬期の室温は高さによる差異が見られない。夏期の室温は 7.5 m の場合に最も低く、5.0、2.5 m の順に高くなる。冬期と夏期の室温日較差は高さによる差異が見られない。従って①～④形は高さの低い形態、⑤～⑨形は高さの高い形態が推奨される。

(6) **日除け有無**：①～⑨形の全てで、冬期の室温は全日閉鎖の場合と比べて日除け無し、半日閉鎖の場合に若干高い。夏期の室温は日除け無しの場合と比べて半日閉鎖、全日閉鎖の場合に若干低い。従って日除けは半日閉鎖が推奨される。

(7) **室内表面色**：①～⑨形の全てで、冬期の室温は黒色の場合に最も高く、灰色、白色の順に若干低くなる。夏期の室温は白色の場合に

最も低く、灰色、黒色の順に若干高くなる。従って冬期と夏期の何れの室温を重視するかにより、室内表面色は白色、灰色、黒色から適宜推奨される。

以上の意匠設計での室温調整方法の検討から、形態操作に伴うガラス面の増減により日射熱取得と貫流熱損失の有利不利が相互に生じる場合や、形態操作と素材選択の複合的な組み合わせにより室温の上昇や下降の程度が経験則からは判断できない場合などに、本ソフトウェアの予測結果は有用な設計支援資料となり得ると考える。

3. 設備設計での室温調整方法の検討

実験計画法を用いて検討した意匠設計での推奨水準を適用した上で、暖房と換気による室温変動の差異を分析し、暖房条件と換気条件の適否を検討する。各要因の水準は、ガラス種類が日射遮蔽型 Low-E 複層ガラス、方位が南向き、日除け有無が半日閉鎖、室内表面色が白色とする。幅、奥行、高さは各基本モデルで推奨水準が異なるので、条件を揃えるため便宜上中間値の 5.0 m を均一に設定する。

3-1. 室温の目標値の設定

暖房条件と換気条件の適否を判断する基準を得るため、硝子張空間の室温の目標値を設定しておく。まず硝子張空間の使われ方の傾向を把握するため、北海道札幌市中央区の戸建住宅 13460 戸⁷⁾を全数調査し、硝子張空間の一種である既製品のサンルームが付設されていると外観から確認できた 604 戸を対象に、2005 年 1 月に郵送調査法によるアンケート調査を行った。有効回答数は 126 件で回収率は 21% である。硝子張空間の使われ方は図 5 に示すように植物の生育、衣類の乾燥、物品の保管など居住者が滞在しない利用が多く、休息や園芸の作業など居住者が滞在する利用は過半数に満たない。アンケート結果を踏まえて硝子張空間の温熱環境は、第一に一日を通して植物の生育に適した室温を維持すること、第二になるべく多くの時間で居住者の活動に適した室温を維持することを目標にすべきと考える。本報では既往研究^{8), 9), 10), 11)}で得られた知見を基に、植物が生育可能な範囲を 5 ～ 35℃ (□生育域)、着衣などの工夫により居住者が活動可能な範囲を 11 ～ 29℃ (■活動域)、居住者が快適に過ごせる範囲を 18 ～ 26℃ (■快適域) に設定した。

3-2. 暖房による室温調整

暖房方法は、室温の上下温度差を生じにくい床暖房とする。本報で検討する暖房時間は、一般的な北海道の暖房時間帯¹²⁾として①昼間 14 時間 (7 ～ 11 時、14 ～ 22 時)、同じ時間数で通常低温となる時間帯として②夜間 14 時間 (17 ～ 6 時)、③全日 24 時間 (1 ～ 24 時) の 3 条件とする。初めに冬期の晴天と曇天ともに日最高室温が植物

生育の上限 35℃以下を維持する最大発熱量、日最低室温が植物生育の下限 5℃以上を維持する最小発熱量を表 2 に示すように求めた。但し⑤、⑥形の条件④の場合は 35℃以下 5℃以上を同時には維持できないため、35℃以下を維持する最大発熱量のみを求めた。この場合の日最低室温は 0℃以上となる^{注 3)}。次に生育域を維持しつつ生活時間帯 (6:30 ～ 23:30)¹³⁾はなるべく活動域を維持する場合を考える。上記の最大、最小発熱量の範囲内で、発熱量を増減させつつ室温が活動域に含まれる時間数を計算し、晴天と曇天の時間数の平均が最長となる発熱量を表 2 に示すように求めた。各暖房条件で生育域を維持する限界の発熱量、活動域の時間が最長となる発熱量を一日当たりに換算して図 6 に示す。暖房条件ごとの各発熱量における室温変動を図 7 に示し、生活時間帯の各時刻の室温が生育、活動、快適域の何れに該当するかを図 8 に示す。以下に、目標とする室温を維持する場合に形成される、室温域の時間分布について説明する。

(1) 生育域下限の場合：条件④では、基本的に晴天と曇天ともに昼前から夜遅くまで活動可能である。但し①形は曇天の朝から夜遅くまで活動域を下回り、④～⑧形は晴天の昼に活動域を上回り活動できない。快適域は晴天の夕方と夜に多く、夜の利用に有利である。条件⑥では、基本的に晴天の昼前から夜のはじめ頃まで、曇天の朝に活動可能である。加えて④～⑥形は晴天の朝と夜遅く、曇天の昼前も活動できる。但し⑤、⑥形は晴天の昼に活動域を上回り活動できない。快適域は晴天の朝と昼に多く、昼の利用に有利である。条件③では、基本的に晴天の昼前から夜のはじめ頃まで、曇天の朝から昼過ぎまで活動可能である。但し①、⑨形は曇天の朝から夜遅くまで活動域を下回り、⑤、⑥形は晴天の昼に活動域を上回り活動できない。快適域は晴天の昼と夕方と多く、夕方の利用に有利である。

条件④～⑥の一日換算の発熱量 (図 6) を比較すると、生育域下限を維持するための発熱量は条件④が最も大きいため、単純に植物の生育のみを目的とする場合は条件⑥、③が推奨される。但し暖房条件に関わらず⑤、⑥形は晴天の昼に活動域を常に上回る高温となるため、植物が生育できる下限を目標値とする観点からは発熱量過大となり、エネルギー浪費の面でほかの基本モデルより不利となる。

(2) 活動域最長の場合：条件④では、③～⑦形は生育域下限の場合と同じである。③～⑦形以外は基本的に晴天の昼前から夜遅くまで、曇天の朝から夜遅くまで活動可能である。但し⑧形は晴天の昼に活動域を上回り活動できない。快適域は生育域下限の場合と比べて昼から夜までの時間帯に増加する。条件⑥では、基本的に晴天と曇天ともに朝から夜遅くまで活動可能である。但し③～⑧形は曇天の夕方に活動域を下回り、④～⑧形は晴天の昼に活動域を上回り活動で

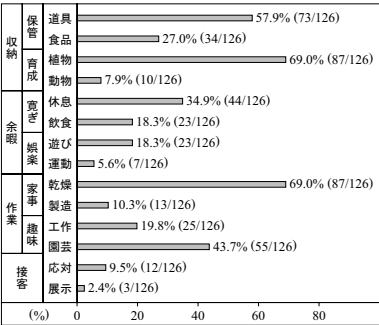


図 5 硝子張空間の使われ方

表 2 室温域維持の必要発熱量

W/m ²		①…⑨ 基本モデル									
		①…③ 暖房時間									
生育域上限	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		
	冬晴 2/19	235	290	230	280	245	200	280	210	300	
	冬曇 1/1	290	360	355	410	460	410	410	355	305	
	冬晴 2/19	295	370	295	405	430	295	430	290	315	
活動域最長	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		
	冬晴 1/1	245	300	295	345	390	345	345	295	255	
	冬曇 2/19	125	165	130	155	135	115	160	115	185	
	冬曇 1/1	185	240	240	290	340	290	295	240	200	
生育域下限	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		
	冬晴 2/19	45	140	130	265	(245)	(200)	265	125	75	
	冬曇 1/1	30	65	65	120	200	110	115	60	30	
	冬晴 2/19	30	65	60	95	125	95	95	60	40	
活動域最長	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		
	冬晴 1/1	35	80	75	150	255	135	140	65	35	
	冬曇 2/19	20	55	50	85	115	80	85	50	30	
	冬曇 1/1	20	50	45	70	95	70	70	45	25	

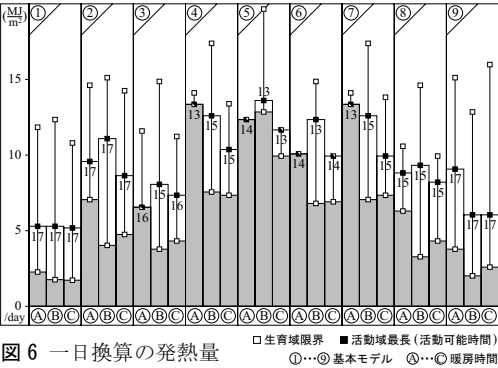


図 6 一日換算の発熱量

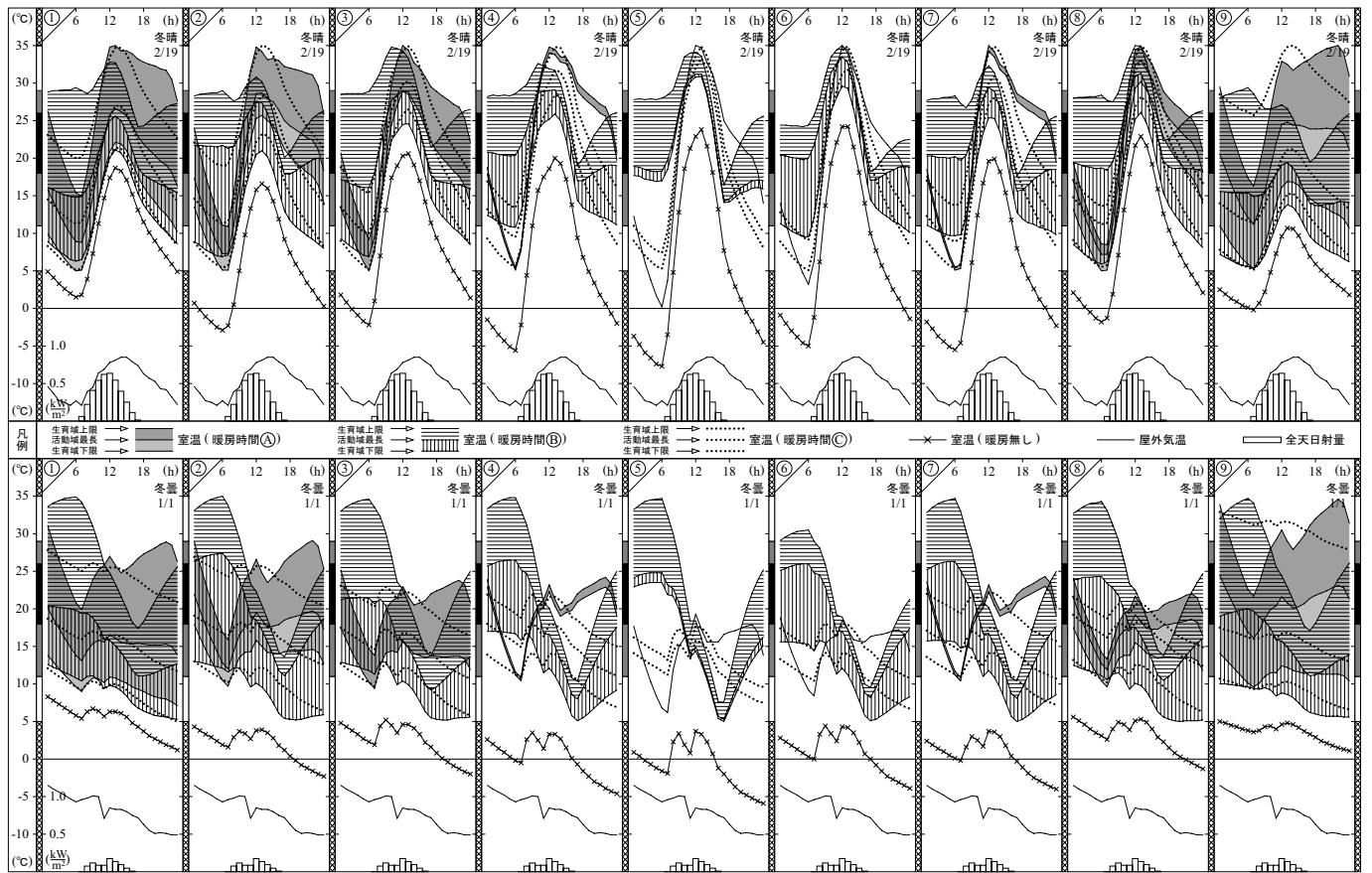


図7 暖房条件に対する室温変動

①…⑨ 基本モデル

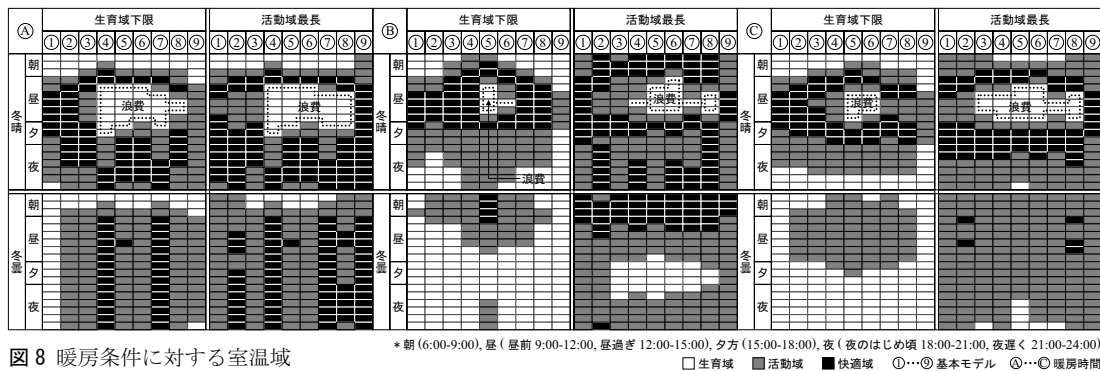


図8 暖房条件に対する室温域

* 朝 (6:00-9:00), 昼 (昼前 9:00-12:00, 昼過ぎ 12:00-15:00), 夕方 (15:00-18:00), 夜 (夜のはじめ頃 18:00-21:00, 夜遅く 21:00-24:00)

□ 生育域 ■ 活動域 ■ 快適域 ①…⑨ 基本モデル ④…⑨ 暖房時間

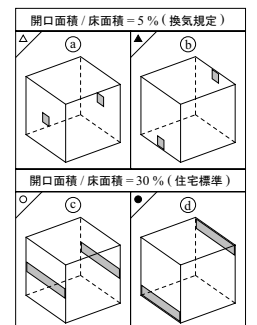


図9 開口形状

■ 開口部

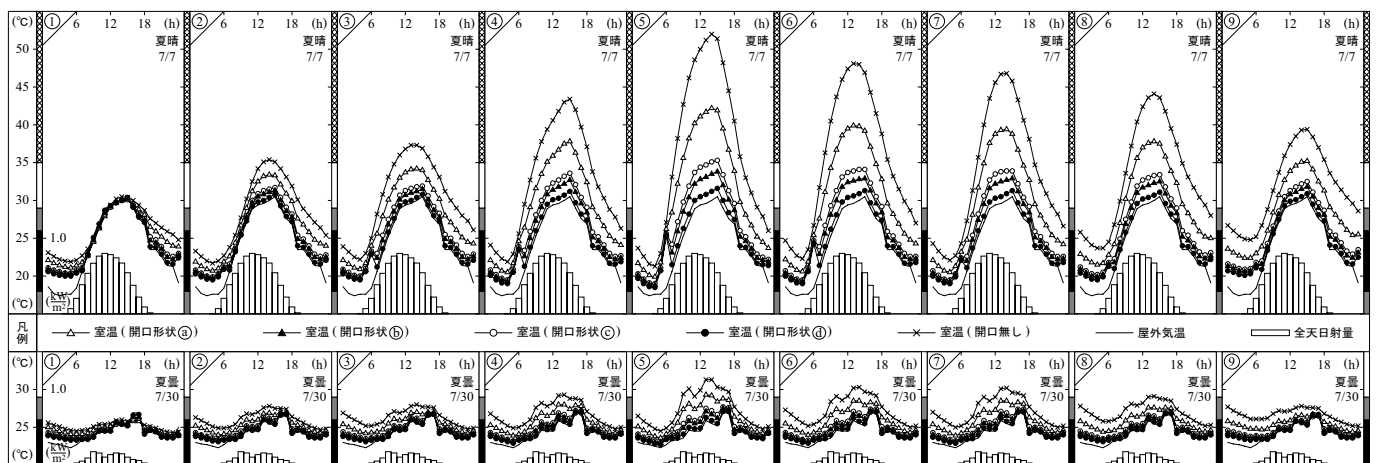


図10 換気条件に対する室温変動

①…⑨ 基本モデル

きない。快適域は生育域下限の場合と比べて朝と夜の時間帯に増加する。条件③では、基本的に晴天と曇天ともに朝から夜遅くまで活動可能である。但し③～⑧形は晴天の昼に活動域を上回り活動できない。快適域は生育域下限の場合と比べて夕方時間帯に増加する。

条件④～⑨の一日換算の発熱量（図6）を比較すると、同程度の活動可能時間を維持するための発熱量は条件③が最も小さいため、時間帯によらず単純に長時間の活動のみを目的とする場合は条件③が推奨される。但し暖房条件に関わらず⑤、⑥、⑧形は一日のうち3～5時間が活動域を上回る高温となるため、活動時間を長く維持できたとしても、実質生活時間帯の約1/4で熱量を無駄にすることになり、エネルギー浪費の面でほかの基本モデルより不利となる。

3-3. 換気による室温調整

換気方法は、硝子張空間が機械的環境制御を想定しないため開口からの自然換気とし、生活時間帯は常時開放とする。本報で検討する開口形状は図9に示すように、建築基準法の換気規定に相当する床面積の5%程度で開口の垂直方向位置が④同一の場合、⑥最大限離れる場合とする。加えて戸建住宅の標準的な開口面積¹⁴⁾である床面積の30%程度で開口の垂直方向位置が③同一の場合、④最大限離れる場合の4条件とする^{注4)}。換気条件に対する室温変動を図10に示す。

条件④では、④～⑨形は生育域上限を上回る高温となる。条件①では、①～⑨形の全てで生育域に収まるため、単純に植物の生育のみを目的とする場合は、開口位置に配慮すれば換気規定相当の開口面積で十分となる。条件③では、⑤形以外は生育域に収まるが条件⑥よりも室温は高くなる。従って水平方向に開口面積を増加するより垂直方向に開口位置を離すほうが室温下降には有利である。条件④では、①～⑨形の全てで屋外気温近くまで室温は下降している。

居住者の非滞在時は、鳥獣や不審者などが侵入不可能な開口面積で室の上層と下層を開放して生育域を維持し、居住者の滞在時は、開口を別途開放して活動域を維持する方法が推奨される。

以上の設備設計での室温調整方法の検討から、暖房時間や発熱量の差異により活動、快適域に含まれる室温の時間的特徴が大きく異なる場合や、暖房と換気の通常とは異なる条件設定により室温の上昇や下降の程度が経験則からは判断できない場合などに、本ソフトウェアの予測結果は有用な設計支援資料となり得ると考える。

4. まとめ

本報では、形態などの建築構成条件や気象条件を変化させた場合の硝子張空間の室温を、筆者らが開発したソフトウェアを用いて系統的に把握するとともに室温調整方法を検討した。検討を通して、本ソフトウェアがどのような内容を検証可能かを具体的に提示し、硝子張空間の設計支援ツールとしての有用性を示した。

形態操作によって日射熱取得と貫流熱損失の有利不利が相互に生じる場合や、暖房条件によって活動、快適域に含まれる室温の時間的特徴が大きく異なる場合など、意匠設計と設備設計に対する温熱環境上の適否が設計者の経験則からは判断し難い場合に、本ソフトウェアの予測結果は有用な設計支援資料となり得ると考える。

また設計初期段階においては、実験計画法のように入力条件を多数組み替えて相対的な性質比較を行う場合が多いが、できる限り簡易な入力方法と計算方法による温熱環境予測を主旨とする本ソフトウェアは、作業量、計算時間軽減の点で特に有用である。

注

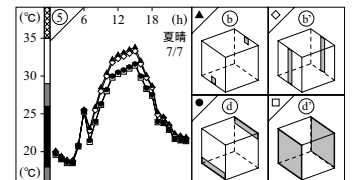
注1) タグチメソッドでは通常ばらつきの尺度としてSN比を用いるが⁵⁾、本報では視覚的捉えやすさの観点から、日最高、日平均、日最低室温について分析を行い、要因が室温日較差に与える影響について考察する。

注2) 回帰式は以下の形式で与えられ、水準選択により各室温が推定できる。

$$\text{例)} \quad \text{日最高室温} = 33.6 + \begin{bmatrix} \text{方位} \\ 0.0 \text{ (南)} \\ -13.2 \text{ (西)} \\ -19.8 \text{ (北)} \\ -10.1 \text{ (東)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{幅} \\ 0.0 \text{ (2.5)} \\ -2.0 \text{ (5.0)} \\ -4.7 \text{ (7.5)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{奥行} \\ 0.0 \text{ (2.5)} \\ -6.5 \text{ (5.0)} \\ -9.3 \text{ (7.5)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{高さ} \\ 0.0 \text{ (2.5)} \\ 0.1 \text{ (5.0)} \\ 1.2 \text{ (7.5)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{ガラス} \\ 0.0 \text{ (複)} \\ 5.1 \text{ (取)} \\ -3.6 \text{ (遮)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{日除け} \\ 0.0 \text{ (無)} \\ 2.6 \text{ (半)} \\ -3.5 \text{ (全)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{表面色} \\ 0.0 \text{ (白)} \\ 0.8 \text{ (灰)} \\ -2.3 \text{ (黒)} \end{bmatrix}$$

注3) 耐寒性が強い植物においては、日最低気温が0℃前後の環境下でも生存率100%が示されている¹¹⁾。

注4) 縦長開口における室温変動を付図に示す。開口が室の上層と下層に存在する場合は、垂直方向の開口面積の増加による室温変動の差異が明確に現れないため、本報では縦長開口を換気条件から除外する。



付図 縦長開口における室温変動の差異

参考文献

- 1) 森田謙太郎，森傑，奥俊信，中村和喜：硝子張空間の建築構成と利用実態の分析，北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究（1），日本建築学会計画系論文集，第619号，pp. 25～32，2007. 9
- 2) 森田謙太郎，森傑：硝子張空間の室内温熱環境簡易予測用ソフトウェアの開発，北海道の戸建住宅における硝子張空間の計画に関する研究（2），日本建築学会技術報告集，第33号，pp. 615～620，2010. 6
- 3) 長谷川房雄，吉野博，石川善美，松本博：パッシブソーラーシステムの直接熱取得方式における各種要因の数値シミュレーションによる分析，気候条件および断熱・集熱・蓄熱条件の冬期の室温への影響，日本建築学会計画系論文報告集，第383号，pp. 8～15，1988. 1
- 4) 樋口作夫，羽山広文，絵内正道：学校教室の窓ガラス仕様と空調条件が年間熱負荷に与える影響，日本建築学会環境系論文集，第629号，pp. 873～879，2008. 7
- 5) 横山巽子，田口玄一：品質設計のための実験計画法，品質工学講座，第4巻，日本規格協会 1988
- 6) 日本建築学会：拡張アメダス気象データ 1981-2000，鹿児島 TLO 2005
- 7) 総務省統計局：平成15年住宅・土地統計調査報告，都道府県編，第5巻，総務省統計局，2005. 4
- 8) 佐藤勝泰，山下恭弘，橋本潤一，石川清英，内藤克人：戸建住宅における冬期の住戸内外の温度環境と居住者意識・生活行動，徳島県兵庫県・北海道・カナダにおける生活実態調査の比較検討，日本建築学会計画系論文集，第546号，pp. 45～52，2001. 8
- 9) 中谷岳史，松原斎樹，藏澄美仁：関西地域の住宅における熱的快適性に関する実態調査，夏期中立温度と許容範囲，日本建築学会環境系論文集，第597号，pp. 51～56，2005. 11
- 10) 飛田国人，中谷岳史，松原斎樹，藏澄美仁，島田理良：関西地域の住宅における冬期の実態調査による中立温度・許容範囲の算出，日本建築学会環境系論文集，第614号，pp. 71～77，2007. 4
- 11) 松原健一，稲本勝彦，土井元章，今西英雄：ランドスケープ用球根植物の耐暑性および耐寒性の評価，園芸学会雑誌，第69号別冊2，pp. 447，2000. 9
- 12) 坊垣和明，澤地孝男，吉野博，鈴木憲三，赤林伸一，井上隆，大野秀夫，松原斎樹，林徹夫，森田大：全国的調査に基づく住宅の暖冷房時間および暖冷房機能に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第509号，pp. 41～47，1998. 7
- 13) 山崎さゆり，高橋公子：時間量による生活の類型化，生活時間からみた行動と滞留空間の対応関係に関する研究 その1，日本建築学会計画系論文集，第491号，pp. 67～74，1997. 1
- 14) 江口禎：小住宅の壁面積・開口部面積等について，B・E（ビルディング・エレメント）の量に関する研究 その2，日本建築学会論文報告集，第146号，pp. 37～43，1968

[2010年6月18日原稿受理 2010年11月2日採用決定]