

# 40

## 建築家 上遠野徹「札幌の家・自邸」の 夏季の熱環境について

学生員 ○ 廣林大河 (札幌市立大学)  
学生員 中谷航平 (札幌市立大学)

会員 齊藤雅也 (札幌市立大学)  
上遠野克 (株上遠野建築事務所)

A STUDY OF THERMAL ENVIRONMENT IN SUMMER  
IN "HOUSE IN SAPPORO" BY ARCHITECT TETSU KATONO

Taiga HIROBAYASHI\*, Kohei NAKATANI\*, Masaya SAITO\*,  
and Koku KATONO \*\*

\* Sapporo City University  
1 chome, Geijutsu-no-mori, minami-ku, Sapporo, Hokkaido,  
005-0864, JAPAN  
E-mail: 2062012@st.scu.ac.jp  
\*\* Katono Architects Co.

### ABSTRACT

This paper describes results and discussion of the field measurement of thermal environment in summer in "House in Sapporo (1968)" by an architect Tetsu Katono. When the outside temperature in the daytime was around 30°C in the daytime, the average room temperature was 26~27°C and the floor surface temperature was 23~25°C. These are due to the combinative effects of the south-side plants in the garden and the eaves as the solar shading as well as the foundation beams which are set back 580 mm from the deck edge.

キーワード: 上遠野徹、熱環境、床暖房、放射エクセルギー、  
想像温度

Keywords: Tetsu Katono, thermal environment, floor heating, radiant  
exergy, cognitive temperature

### 1. はじめに

建築家 上遠野徹(1924~2009)による 1968 年竣工の「札幌の家・自邸(以下、自邸)<sup>1)</sup>」は、DOCOMOMO100選、日本建築家協会の25年賞大賞などに選ばれ、近代住宅建築として高い評価を受けている。上遠野は自邸を「実験住宅」と称し、積雪寒冷地の住宅として、竣工当時では極めて珍しい100mm厚の断熱や床暖房・複層ガラスなどを採用し、冬季の室内で「寒さ」を感じない熱環境を目指した<sup>3)</sup>。このことから今日の寒冷地住宅の計画に対して大きな影響を与えた建築である。

筆者らはこれまで、冬季の熱環境実測とそれに基づく考察を行なっている<sup>2)</sup>。本研究では、2020年夏季の熱環

Table 1 An Outline of "House in Sapporo"

Year of Completion	1968
Floor levels	Single Story House
Structure	Steel Structure(anti - weathering steel)
Site Area	1,387.70 m <sup>2</sup>
Building Area	198.00m <sup>2</sup> Total floor area 165.10m <sup>2</sup>
Outer Finish	
Roof	Base Materials: Autoclaved Light Weight Concrete Finishing Material: Asphalt Exposed Waterproof 3 Layer
Outer Wall	Base Materials: Concrete Block Finishing Material: Brick
Window	Anti - Weathering Steel Processed Sash Double Glazing With Gasket Presser
Interior Finish	
Floor	Base Materials: Pearlite Mortar Finishing Material: Vinyl Floor Tile
Wall	Base Materials: Concrete Block Insulator Material: Styrene Foam(100mm)
Ceiling	Base Materials: Lightweight Steel Insulator Material: Glass Wool(200mm)
Heating Installation	Floor Heating

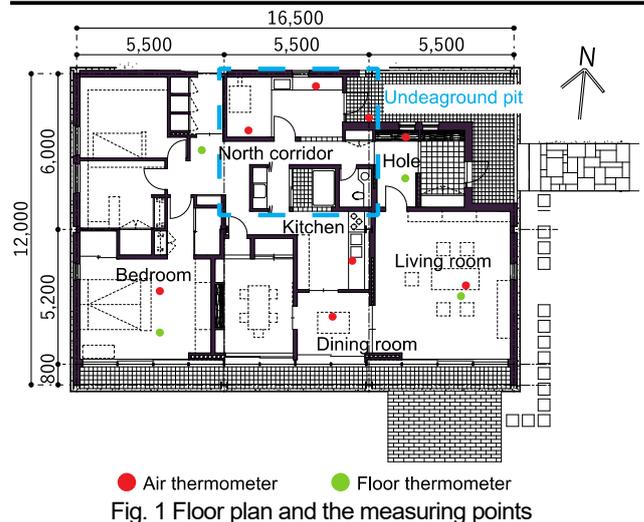


Fig. 1 Floor plan and the measuring points

境実測と、その結果を用いた放射エクセルギー<sup>3)</sup>解析と想像温度<sup>5)</sup>による考察を行ない、上遠野が自邸の建築と設備の関わりにおいて試みたことを整理した。

### 2. 自邸の建築・設備について

Table 1 は自邸の建築・設備概要、Fig. 1 は平面図である。外壁の仕様は、煉瓦 (210×60×60 mm) の内側に、10

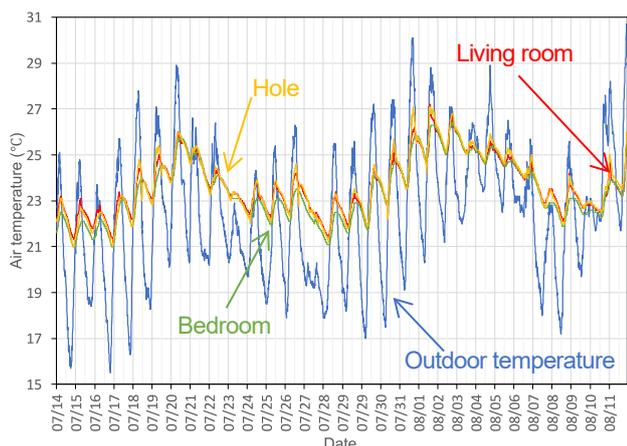


Fig. 2 Variations of air temperature of the living room, the bedroom, and the entrance hall against outdoor temperature

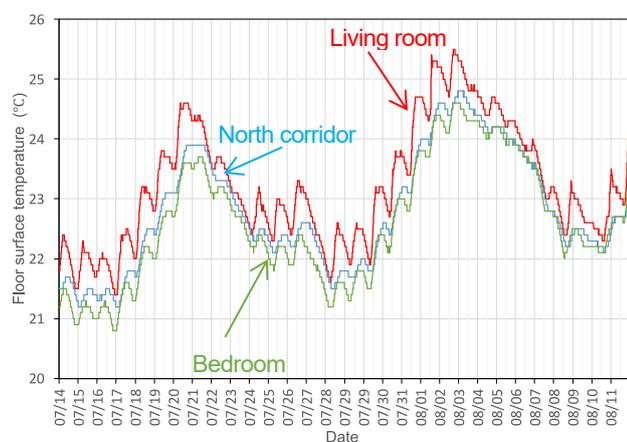


Fig. 3 Variations of floor surface temperature of the living room, the bedroom, and the north corridor

mmの空気層(煉瓦の個体差を考慮しクリアランス保持のため)を挟み、100 mm厚のコンクリートブロック (以下、CB) が設けられた「二重壁」になっている。さらにCBの内側に発泡スチロール(100 mm厚)が設けられている(外壁の熱貫流率:  $0.36\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ )。窓ガラスは前述のとおり複層ガラスが採用されている。また床部は、120mm厚のコンクリート躯体の上にパーライトモルタル下地(80mm厚)があり、その内部に $\phi 25$  mmの銅管が埋設され、ボイラーから居室に温水を供給する床暖房・給湯システムを採用している。夏季は南面の居間の窓、北面のホールの窓を開けて通風によって「涼しさ」を確保し<sup>6)</sup>、寝室では日中でもカーテンを閉めて日射を遮って過ごしていた。

### 3. 自邸の夏季の熱環境

実測期間は2020年7月14日～8月12日で、維持管理のために寝室はカーテンを常時閉め、管理者が掃除などの際に居間の窓を開けて換気をしていた。

Fig. 2は、居間・寝室・ホールの空気温度と外気温の経時変化である。外気温が16～31°Cで変化するのに対して、

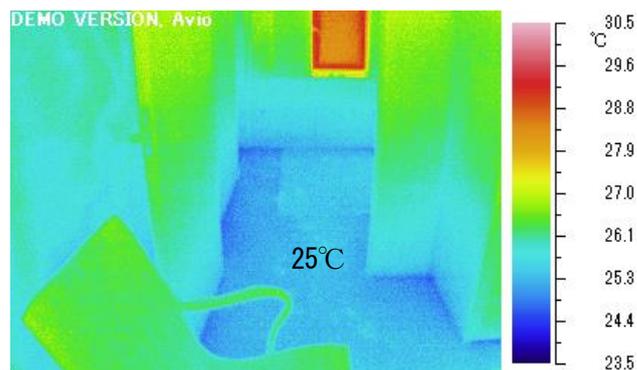


Fig. 4 Surface temperature distribution of the entrance hall

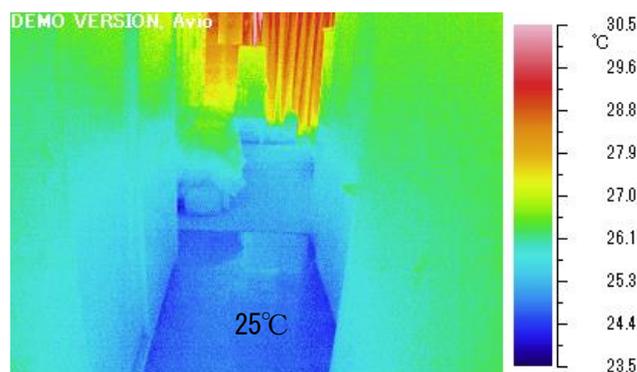


Fig. 5 Surface temperature distribution of the bedroom

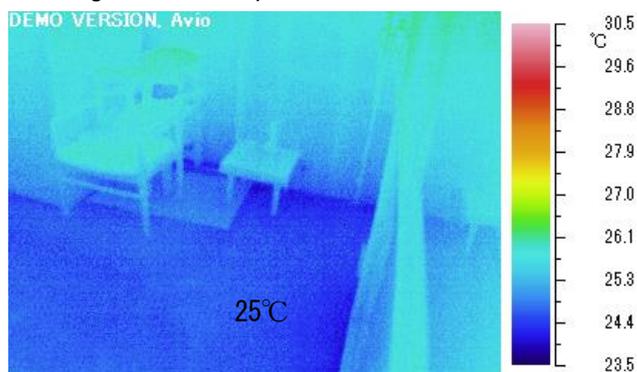


Fig. 6 Surface temperature distribution of the north corridor

室内の空気温度は21～27°Cである。外気温が30°Cを超える日中や夜間の冷え込みによる急激な温度変化があっても室内の温度変化は穏やかで、ホールが最も温度が高く、寝室が最も温度が低い。ホールは玄関と近いことや窓を開けていた時があったため、寝室は唯一カーテンを常時閉めていた影響と考えられる。

Fig. 3は、居間・寝室・北側廊下の床面温度である。全ての場所で室温よりも床面温度は約1°C低く、寝室が最も低い。これは、床暖房の配管(銅管)内にある水とその周囲のモルタル、さらにその下のコンクリートスラブの蓄冷効果と考えられる。銅配管内の水は直射日光や外気温の影響を受けづらく、水温は概ね15～20°C(予測値)で滞まっていると考えられる。かつて上遠野の妻は「夏季に室内で過ごしていると底冷えする」と証言していた。

これは、床面からの冷放射の影響と考えられる。また、居間の床面温度が最も温度が高いのは南面窓から直射日光が多少入るためである。北側廊下とカーテンを常時閉めている寝室は、居間に比べて床面温度も低い。これは、日射の影響が少ないことと考えられ、銅管内の水の熱容量の影響については今後の検討課題である。

Fig. 4~6 は、各測定点の熱画像である。全ての箇所でも床面温度の熱画像と Fig. 3 の結果が概ね同じで、床面の色が異なる領域はどれも絨毯を敷いている面である。居間は前述のとおり、日中は直射日光の影響があり、大きな窓面温度は 30~40℃であった。一方、ホールの窓は北側にあり、その窓面も 30℃近くになっているが、直射日光の影響が小さいため、床面温度は 25℃と居間に比べて 1℃ほど低い。寝室はカーテンの表面温度が約 29℃になっているが、床面にはその影響があまりなく約 25℃である。北側廊下は上部に白色のポリカーボネートのトップライトがあり、トップライトの窓面が約 30℃になっていたが、熱画像上の床面温度は寝室と同程度である。Fig. 5 と Fig. 6 を比べても北側廊下と寝室の床面温度は同程度である。

自邸の基礎梁は Fig. 7 のように外壁の端部から 580mm 後退している。南面はこの空間がデッキ下にあることによって、基礎梁の外表面に日射が直接当たらないため、基礎梁の高温化を防ぎ、床スラブ全体の蓄冷効果を引きだすのに寄与していると予想した。そこで、2020年8月27日~9月2日にこの空間で熱環境実測を行ない検証した。実測期間中は最初の2日間のみ晴れて、それ以後は雨や曇りであった。夏季の計測地点に加えて、Fig. 1 上に青点線で示した地下にあるピット内の空気温度と床・壁・天井の各表面温度の計測をした。また、基礎梁の表面温度と基礎空間の空気温度の計測を併せて行なった。

Fig. 8 は居間・寝室・ホール・地下ピットの空気温度と外気温である。8/27, 28 は最高気温が 31℃になる真夏日であったため、寝室が 30℃、ホールと居間が 29℃である。8/29 以降の外気温は下がり、8/30 には最低で 15℃になり、日較差が約 15℃になるのが 4日間続いた。

外気温の大きな変化に対して自邸の室温は緩やかな変化で、安定している。地下ピットの室温は常時 17℃で外気温の影響をまったく受けていない。これは床スラブが蓄冷体として機能していることを示唆している。

Fig. 9 は、居間・寝室・ホールの床面、基礎梁の表面、地下ピットの床・壁・天井表面、床スラブ下空間の空気温度と外気温の経時変化である。外気温が 30℃以上のとき、床スラブ下空間は 32℃以上になる。一方、基礎梁表面の温度は外気温の影響を受けて推移しているが、緩やかな波形である。夏季の真夏日に日射が直接当たって

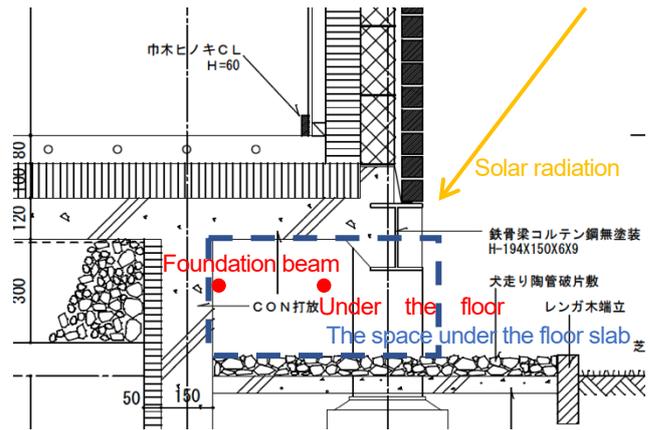


Fig. 7 Section of floor slab and foundation beam

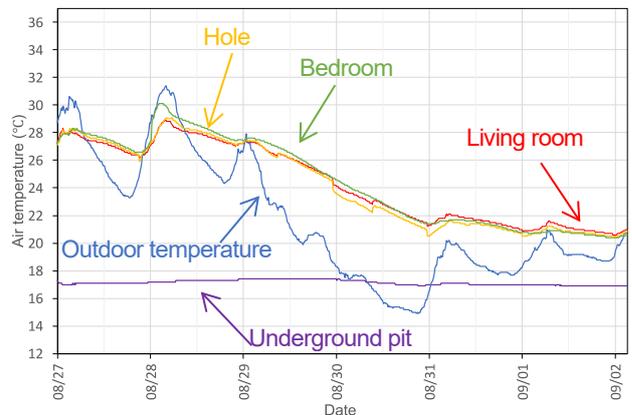


Fig. 8 Variations of air temperature of living room, bedroom, entrance hall and underground pit against outdoor temperature

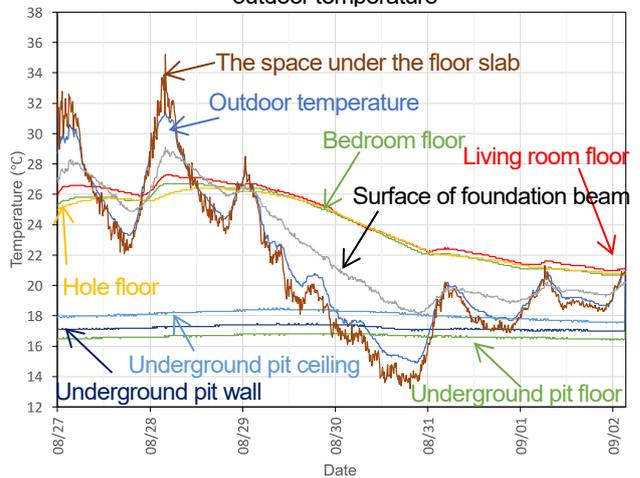


Fig. 9 Variations of surface temperature of living room, bedroom, hole, foundation beam, and underground pit and air temperature of the space under the floor slab

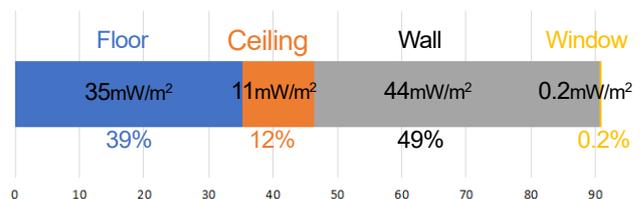


Fig. 10 Cool radiant exergy from the surrounding wall surfaces in the living room

るコンクリートの表面温度は65°C程度に達するが<sup>7)</sup>、自邸の基礎梁の表面温度は29°C以下で、これは基礎梁のデッキ端部からの後退による日射遮へい効果といえる。

地下ピッドの各表面温度は天井面が一番高く、それぞれ約0.5°C以上の差を付けながら壁・床と続く結果で、ピッド内の空気温度と同様に変化がなかった。基礎梁のセットバックによる日射遮へいによって、基礎スラブの表面温度が上がることを抑制し、それが地下ピッドを17°Cに維持するのに寄与したと考えられる。床暖房の配管(銅管)内にある水の温度も地下ピッドと近い温度になっていると考えられる。以上の複合的な要素の組み合わせから、各室の空気温度よりも床面温度が1°C程度低い結果になったと予想される。

自邸が竣工した1968年当時の8月の札幌の平均外気温は20.8°C、2020年8月は23.3°Cで、約60年間で2.5°C上昇している。上遠野の妻は当時、底冷えすると証言していたが、現在の札幌の夏季の屋外環境に対して室内は熱的快適域(暑くも寒くもない)になったと言える。

## 6. 自邸の居間の放射エクセルギー

実測した外気温と撮影した熱画像から表面温度を用い、居間の床・天井・壁・窓面からの放射エクセルギーの計算を行なった。放射エクセルギーとは、放射によって熱が環境に対して拡散できる能力をどのくらいもつかを定量的に示す指標である<sup>8)</sup>。居住者の想像温度の高低は、室内周壁、特に放射エクセルギーの大小や温冷に相関があるとされているため<sup>9)</sup>、居住者が現在居ない自邸の熱環境においてヒトに対してどのような影響を与えるかを放射エクセルギーの値に基づいて考察する。「外気温<表面温度」の場合は温放射エクセルギー(以下、WX)となり放射によってものを温める能力を、「外気温>表面温度」の場合は冷放射エクセルギー(以下、CX)となり放射によってものを冷やす能力を表わす<sup>3)</sup>。

Fig. 10は夏季(外気温29.6°C)の部位別のCXの値と割合である。周壁面全体で90.2mW/m<sup>2</sup>のCXが出ている。窓面からのCXは0.2mW/m<sup>2</sup>と微小な値であった。これは、窓表面温度が直射日光によって高まり、外気温との差が微小であったためである。福山・熊本で行なった被験者実験を基に想像温度とCXの関係を示した研究<sup>10)</sup>によると、熊本ではCXが90.2mW/m<sup>2</sup>の時に想像温度が30°Cで、福山では27.5°Cとなる。周壁面からのCXと想像温度の関係には地域差が存在すると指摘されており、CXが90.2mW/m<sup>2</sup>の時の札幌での想像温度は福山のものよりもさらに低くなる可能性が考えられる。また、CXが20mW/m<sup>2</sup>の時、気流感がなくともヒトは快適に感じるため<sup>8)</sup>、自邸は真夏日においても快適に過ごすことができる熱環境

と言える。

## 7. まとめ

高性能な建築外皮を有する自邸は、冬季と同様に夏季も快適な熱環境になる。関係書籍や資料では地下ピッドと基礎スラブ部分について触れられていないため、設計時点で意図したものなのかは定かではないが、結果的に基礎梁に直接日光が当たらないようにし、地下ピッドと床暖房の配管(銅管)内の水の温度上昇を軽減し、蓄冷体とするシステムは現代でも有効な手法と考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、角幸博氏(北海道大学名誉教授)、圓山彬雄氏(㈱アープ建築研究所)、中田稔氏(㈱上遠野建築事務所)の協力を得た。ここに記して謝辞とする。

## 参考文献

- 1) 上遠野徹: 上遠野徹 住宅作品集, pp. 14-15, p. 170, 凸版印刷, 1981. 3
- 2) 廣林大河, 中谷航平, 斉藤雅也, 上遠野克: 建築家 上遠野徹「札幌の家・自邸」の冬季の熱環境と設備に関する考察, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No.93, pp. 309-312, 2020.6
- 3) 高橋達: 長波長放射-エクセルギーの移動量(3)(エクセルギーと環境の理論[改訂版] 宿谷昌則編 所収), pp. 210-216, 井上書院, 2010.9
- 4) 斉藤雅也: ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究 夏季の札幌における大学研究室を事例として, 日本建築学会環境系論文集第74巻 第646号, pp.1299-1306, 2009.12
- 5) 上遠野徹, 角幸博: 上遠野徹インタビュー「北の住まい 私の原点」(建築家の清藤 上遠野徹と北のモダニズム 所収), pp. 18-34, 企業組合建築ジャーナル, 2010.8
- 6) 上遠野徹, 角幸博, 赤坂真一郎: 北の厳しい自然と40年共生する鉄とレンガの住まい 上遠野徹自邸, 住宅建築 2009年8月号, pp. 8-17, 建築資料研究社, 2009.8
- 7) 地濃茂雄: 日射に代えて赤外線を照射した場合のコンクリート表面の温度上昇, コンクリート工学年次論文集 Vol.30 No.2, pp. 331-336, 2008.7
- 8) 徳永佳代, 岩松俊哉, 平賀智之, 西内正人, 山田浩嗣, 宿谷昌則: 夏季における遮熱・通風の組み合わせと快適性に関する実験(その2. 周壁面から出る放射エクセルギーと快適感), 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp. 607-608, 2005.9
- 9) 永井倫人, リジャル H.B, 宿谷昌則: 長期の熱的履歴と人体の涼しさ感・エクセルギー収支に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 309-310, 2016.8
- 10) 原大介: ヒトの熱環境適応とその低域性に関する研究(札幌・福山・熊本での被験者実験), 札幌市立大学大学院デザイン研究科修士論文, 2019