現代日本の狭長敷地に建つ都市住宅における窓辺の構成と冬期の光・熱環境

LIGHT AND THERMAL ENVIRONMENTS NEAR THE WINDOWS OF
CONTEMPORARY JAPANESE HOUSE IN SLENDER SITES DURING WINTER松元良枝^{*1}, 村田 涼^{*2}, 細川奈未^{*3}

Yoshie MATSUMOTO, Ryo MURATA and Nami HOSOKAWA

Regional climate is an important element in architectural design. In particular, passive design that uses natural energy effectively by architectural methods is getting its importance from the viewpoint of environmental problems and energy conservation. The slender sites existing as a typical housing lot offer various requirements for the contemporary urban house. Especially, ambivalent necessities emerge for window such as privacy and view, getting brightness and warmth in winter. This paper aims to clarify characteristics of spatial composition, light environment and thermal environment near the window of contemporary Japanese houses in the slender site during winter.

Keywords : Passive design, Spatial composition, Window, Light environment, Thermal environment, House

パッシブデザイン, 空間構成, 窓, 光環境, 熱環境, 住宅

1. 序論

1.1. 研究の背景と目的

地域の気候は、建築設計の予条件の重要な要素のひとつである。とりわけ、光や風などの自然エネルギーを建築的な方法で活用するパッシブデザインは、近年、環境への配慮や省エネルギーの観点からその重要性が見直されている。

パッシブデザインの萌芽の例として、V. オルゲーは著書「DESIGN WITH CLIMATE」¹⁾において、快適な室内気候をつくるには3つの段階があるとし、微気候の調整といった屋外環境による手法、建築による手法、機械設備による手法を挙げ、機械設備のみならず建築的な工夫の重要性を指摘している。パッシブデザインの建築的な手法のひとつに、開口部からの日光の導入や日射熱の取得が挙げられ、通風、換気の点からも、形状や位置などの窓のあり方が重要となる²⁾。しかしながら、現代の日本の都市では、間口が狭く、奥行きが長いという特異な立地条件が典型的な敷地として存在しており、このような周囲に隣家や道路が近接する環境では、プライバシーや防犯、視線の観点から、自然光や眺望が限定され、採光や視線のコントロールを司る窓のあり方が規定されやすい。そのため、パッシブデザインの定石から導かれる開口部のあり方と、個々の敷地特性の活用という、時に相反する設計条件への対応が必要となり、このような都市環境に特有の与条件からは、現代の住宅におけるパッシブデザインの実践上の課題が多様に現れると考えられる。

特に、冬期における窓と日照の関係は、大きな窓は明るさや暖かさを得るためには有利である一方、室内からの熱損失の抑制には不

利に働くなど、窓による光・熱環境の両義的な性格が顕在化しやすい。そのため窓まわりの空間には、立地条件に応じた屋外への開き方といった構造的な性格に、明るさや暖かさといった室内環境が多様に関係し、様々な住空間の特徴が見出されると考えられる。そこで本研究は、現代日本における狭長な敷地に建つ都市住宅を対象とし、リビングなどの主要な室について、窓まわりの空間的な特徴と、シミュレーションソフト^{注1)}により模擬的に再現した冬期の光および熱環境を重ね合わせて検討し、これら空間と環境の関係性の一端を明らかにすることを目的とする。

1.2. 既往の研究

筆者らはこれまで、建築空間と環境のデザインの関係に着目し、気候図の作成とパッシブデザインへの活用³⁾、現代日本のコートハウスを対象にした断面構成と光環境の関係⁴⁾、吉村順三の住宅作品を対象にした空間構成からみた環境制御の志向性⁵⁾、寒冷地の住宅における空間形状と温熱環境⁶⁾などにより検討してきた。これらに対して、これまでなされてきた学術的な研究の内、住空間と地域の気候特性に着目したものには、沖縄の高温多湿な気候における住宅の空間構成⁷⁾や、北海道の寒冷な気候における住宅の空間構成の変遷を明らかにしたもの⁸⁾、日本各地の伝統的農家住宅の開口部の形態と立地特性における体感気候について明らかにしたもの⁹⁾が挙げられる。また、パッシブデザインの手法の適用や効果については、現代住宅のパッシブデザイン手法の選定要因を事例調査により検討したもの¹⁰⁾、熱容量の異なる建物に対する外気導入の影響を検討したもの¹¹⁾、蒸暑地域における都市住宅のパッシブクーリングの効果を検討したもの

^{*1} 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 博士後期課程^{*2} 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 准教授・博士(工学)^{*3} 大成建設(株) 修士(工学)Doctoral Student, Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Technology
Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.
Taisei Corporation, M.Eng.

の¹²⁾がある。空間と自然光との関係に着目したものには、多数の建築事例を対象に空間特性を考慮した採光方式を定性的に体系化したもの¹³⁾、沿海集落の民家の空間構成を光の観点から検討したもの¹⁴⁾がある。また、開口部と住宅の室内環境の関係に着目したものには、住宅の日当たりと窓および視環境の実態把握として、都市における住宅の光に関するアンケート調査を行ったもの¹⁵⁾、首都圏における夏の住宅の窓開けに関する調査を示したもの¹⁶⁾がある。これらは建築空間と環境特性の関係を気候特性や開口部などといった異なる水準から検討しており、いずれも重要な視座を提供している。

これらの既往の研究に対し、本研究は現代日本の都市環境における典型的な立地条件の一つとして、パッシブデザインを実践する上での制約条件が多いと考えられる狭長な敷地に着目し、これらの住宅作品における空間構成と冬期の光・熱環境を検討するものであり、このような現代日本の都市住宅に特有の空間と環境の複合的な関係を体系的に比較検討した既往研究はみられない。そのため本研究の成果は、現代日本の都市環境に建つ住宅作品における、典型的かつ特徴的な敷地条件に対するパッシブデザインのあり方からみた空間的・環境的な特徴に関し有用な知見を与えるものと考えられる。

尚、本論文は2018年度日本建築学会大会学術講演¹⁷⁾・¹⁸⁾における発表の内容に、加筆・修正を加え作成したものである。

1.3. 研究の方法と概要

現代日本の住宅地には、相続による分筆などの理由から、道路に対して開口が狭く細長い形状の敷地が多くみられる^{注2)}。このような敷地条件では、建物周りに十分な余白の空間がとりづらく周辺建物との距離が近くなるなど、自然光を採り込む上で建物の形態が規定されやすい。そこで本研究では、このような道路に対して間口が狭く奥行きが長い敷地（以下、狭長敷地^{注3)}）に建つ都市住宅における窓まわりの空間構成と冬期の光および熱環境について検討する。そこで、主要な生活の場として居間を含む空間（以下、主空間^{注4)}）に着目し、主空間における最も大きな窓を主窓^{注5)}とし、その近傍の内部空間を窓辺^{注6)}と定義する。また、分析には東京都23区内^{注7)}の狭長敷地に建つ戸建て住宅作品の内、分析に十分な資料が得られた41作品^{注8)}・^{注9)}を対象に用いる（Appendix table 1）。

序論に続き2章では、住宅が置かれた環境条件に着目し、対象作品の気候条件を概観した後、さらに主空間の屋外への開き方として

Fig. 1 Analysis example (Capter 2)

窓辺の構成を検討する。3章では、主空間の窓辺を主とした冬期の光環境を自然光のシミュレーションにより検討する。4章では、窓辺の冬期の熱環境を同様に自然室温のシミュレーションにより検討する。5章では、前章までに検討した窓辺の構成と冬期の光・熱環境の特徴を重ね合わせ、これらの空間と環境の関係を検討する。

2. 窓辺の構成

2.1. 気候条件

パッシブデザインは建物が立地する場所の特性に大きく関係する。そこでまず、建物が立地する環境の特徴として、対象作品が位置する地域の気候条件を整理する。対象作品は、いずれも拡張アメダス気象データ²⁰⁾の東京都（東京）に該当し、「地域区分および日射熱地域区分」²¹⁾では6地域であり、比較的温暖な気候にある。また、年間日射量地域区分（A区分）はA3、暖房期日射量地域区分（H区分）はH3と、いずれにおいても比較の日射量が多い地域であり、最も寒い時期でも外気温は月平均で0℃を下回ることなく、12月の外気温は概ね1日を通して6～12℃程度で推移し、日射量は日中375W/m²（1350kJ/m²h）程度である^{注10)}。

Fig. 2 Shape of site

Fig. 3 Orientation of site

Fig. 4 Arrangement of near window

Fig. 6 Orientation of main window

Fig. 5 Outside of main window

Fig. 7 Window area and window ratio

Fig 3～7 Note: "Num" in the figures indicate the number of corresponding works.
図3～7注) 図中の()内の数は該当する作品数を示す。

前節で検討した窓辺の構成要素について、特に敷地環境に対する

no. 作品 番号	orientation of site 敷地方位	arrangement of near window 窓辺配置		main window 主窓			window area of main space 主空間の窓 面積	near window pattern 窓辺パターン	
		section 断面	plan 平面	outside 窓外の広がり	orientation 方位	area 面積			
13	N-S 南北 (25)	upper 上階 (17)	road 道	inside site 敷地内	SE	L	L	main space 主空間 ① (8)	
SE					L	S	main window 主窓 ② (9)		
S					L	L			
S					L	L			
S					L	L			
S			L	L	③ (4)				
SW			S	S					
SW			S	L					
SW			S	L					
SW			S	L					
26		road 道	outside site 敷地外	SW	S	S	④ (3)		
SW				S	S				
SW				S	S				
SW				S	S				
SW				S	S				
2			back 奥	road 道	inside site 敷地内	SW	L	L	⑤ (1)
SW						L	L		
W	S					L			
N	S					S			
N	S					S			
5	road 道	outside site 敷地外		SE	S	S	⑥ (5)		
SW				S	S				
SW				S	S				
NW				S	S				
NW				S	S				
3		center 中	no space なし	W	S	S	⑦ (7)		
SW				L	L				
SW				L	L				
NW				S	S				
NW				S	S				
18	lower 下階 (8)		road 道	inside site 敷地内	SE	S	S	⑧ (2)	
SW					S	S			
SW					S	S			
N					S	S			
N					S	S			
17		road 道	outside site 敷地外	SE	S	S	⑨ (2)		
SW				S	S				
SW				S	S				
NW				S	S				
NW				S	S				
29	back 奥		road 道	inside site 敷地内	SE	S	S	⑩ (2)	
SW					S	S			
SW					S	S			
N					S	S			
N					S	S			
22		center 中	no space なし	W	S	S	⑪ (2)		
SW				L	L				
SW				L	L				
NW				S	S				
NW				S	S				
21	upper 上階 (14)		road 道	inside site 敷地内	SE	S	S	⑫ (2)	
SW					S	S			
SW					S	S			
NW					S	S			
NW					S	S			
16		road 道	outside site 敷地外	SE	S	S	⑬ (2)		
SW				S	S				
SW				S	S				
N				S	S				
N				S	S				
6	center 中		no space なし	W	S	S	⑭ (2)		
SW				L	L				
SW				L	L				
NW				S	S				
NW				S	S				
27		lower 下階 (2)	road 道	inside site 敷地内	SE	S	S	⑮ (2)	
SW					S	S			
SW					S	S			
N					S	S			
N					S	S			
1	road 道		outside site 敷地外	SE	S	S	⑯ (2)		
SW				S	S				
SW				S	S				
N				S	S				
N				S	S				
37		upper 上階 (16)	road 道	inside site 敷地内	SE	S	S	⑳ (2)	
SW					S	S			
SW					S	S			
N					S	S			
N					S	S			
31	road 道		outside site 敷地外	SE	S	S	㉑ (2)		
SW				S	S				
SW				S	S				
N				S	S				

no.40 CLT house 萩窪の住宅											
time 時刻	time slot 時間帯	illuminance(Lux) 照度				radiation (kJ/㎡h) 日射量					
		near window 窓辺		center 中心		near window 窓辺		center 中心			
8	Morning (M)朝		723			167			212		
9			1793	1858		387	387		747		
10			3057			606			1309		
11	Daytime (D)昼	1day 1日	22336	28423	15071	1004	1931	2502	1683		
12			31224						2072		1835
13			31708						2718		1757
14	Evening (E)夕		26483			2916			1473		
15			15540	14932	11143	5188		970			
16			2774		1506			437			

illuminance by time 時刻毎の照度

(Lux) 照度 (M) (D) (E) 朝 昼 夕

35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0

3500 (kJ/㎡h)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0

illuminance 照度 radiation 水平面全天日射量

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

—●— near window 窓辺 —*— center 中心 ■ radiation 日射量

illuminance by time slot 時間帯毎の照度

(Lux) 照度 (M) (D) (E) 朝 昼 夕

35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0

illuminance 照度

—●— near window / max. 窓辺 / 最高
—○— near window / ave. 窓辺 / 平均
—*— center / max. 中心 / 最高
—×— center / ave. 中心 / 平均

Light pattern
光パターン

near window
窓辺

Daytime Bright
昼明

center
中心

Evening Bright
夕明

— 811 —

るためか、主窓の大きさは小さく抑えられる傾向にある。一方、東西に長い敷地では、同じく上階に窓辺が位置し、敷地外に窓外の広がりがある⑦が多い(7/41)。ここで、主窓の方位が冬期の採光・集熱に有利な南を含む方位(南西、南、南東)に面するもの(23/41)について、敷地の方位との関係に着目すると、東西に長い敷地では4割に満たない(6/16)のに対し、南北に長い敷地では約7割(17/25)に達している。さらに南北に長い敷地の場合、配置は道路側かつ上階が過半を占めている(11/17)。これらは敷地の狭長さによる方位と隣地や道路との関係が、開口部のあり方に対して制約条件となる傾向を示すものと考えられる。

3. 窓辺と中心の冬期の光環境

3.1. 窓辺と中心の照度

窓辺の冬期の光環境について、シミュレーションにより定量的に検討する(Table2)。立地条件による日射の影響を考慮するため、前面道路や外構^{注11)}、軒や庇等を含めた対象建物および周辺建物の形状をモデル化した。対象建物は住戸全体を多数室モデルとした。方位や建物の各部位の仕様は事例ごとに個別に設定し^{注12)}、検討に用いる対象日は、冬至に近い期間から日射量が比較的多く、気温が数日を通して安定した日を拡張アメダス気象データ²⁰⁾を用いて選定した。

Fig. 9 Average of illuminance at near window and center

Fig. 10 Illuminance ratio of near window to center

Fig. 11 Light pattern and illuminance of near window

Table 3 Light patterns of near window and center

center 中心	near window 窓辺	Morning Bright 朝明 (6)	Daytime Bright 昼明 (26)	Evening Bright 夕明 (9)
Morning Bright 朝明 (6)		2	2	0
Daytime Bright 昼明 (20)		3	17	0
Evening Bright 夕明 (15)		0	7	10

Fig. 10, 11, 15, Table 3 Note: "Num" in the figures indicate the number of corresponding works. 図 10, 11, 15, 表 3 注) 表中の () の数字は該当する作品数を示す。

明るさが場所によって顕著に異なることを考慮し、窓辺に加え、主空間の中心^{注13)}(以下、中心)を検討点として設定し、8時から16時の各時刻の照度を算出した(Fig.8)。

まず、時間に応じた明るさの変動の傾向を捉えるため、時間帯ごとの照度の平均および最高、最低について全事例における平均値を用いて検討した(Fig.9)。1日の最低照度は、窓辺が639Lux、中心が323Luxであり、団らんや娯楽にも十分な明るさが概ね得られていることがわかる^{注14)}。次に、朝、昼、夕の各時間帯の照度をみると、窓辺および中心ともに、いずれの照度も昼が最も高く、朝が最も低い。また、時間帯ごとの照度の変化の度合いはいずれも窓辺の方が大きく、昼から夕への変化が最も小さい。そこで、このような主空間内の明るさのむらに着目し、窓辺と中心の照度比を時間帯ごとに検討した(Fig.10)。いずれの時間帯も窓辺の方が明るいものが多い。照度比の平均値は昼が特に大きく、明るさのむらが顕著になる傾向がある。なお、中心の方が明るくなる場合の多くは、主空間の窓に天窗や高窓を有する事例(No.17, 23, 32, 33, 36)である。

3.2. 照度の時間変化からみた窓辺の光パターン

次に、1日の中でどの時間帯により多く自然光による明るさを得ているのかという観点から、各事例について窓辺の照度が最高となる時間帯をもとに光パターンとして分類し、パターンごとに該当事例にお

Fig. 12 Analysis example (Chapter 4)

Fig. 13 Operational temperature

Fig. 9, 11, 12, 13, 15 Note: In the figures, (M) is Morning, (D) is Daytime, (E) is Evening, and (N) is Night.

図 9, 11, 12, 13, 15 注) 表中の (M) は朝、(D) は昼、(E) は夕、(N) は夜を示す。図 12, 13 注) 表中の "OT" は作用温度、"Ta" は外気温を示す。

[illegible]

Time slot 時間帯	DH (°C·h)				
Thermal Pattern 熱パターン	(M) 朝	(D) 昼	(E) 夕	(N) 夜	1day 1日
Daytime Warm 昼暖(6)	-15.5	1.0	-4.2	-95.6	-114.4
Evening Warm 夕暖(35)	-21.9	-12.5	-6.9	-96.5	-137.8

Thermal Pattern 熱パターン

Daytime Warm 昼暖

Evening Warm 夕暖

Time slot 時間帯	DH (°C·h)
(M) 朝	-15.5
(D) 昼	1.0
(E) 夕	-4.2
(N) 夜	-95.6

Fig. 15 Thermal pattern and degree-hour

Fig. 16 Light and thermal environments near the window

時間)の作用温度を算出した (Fig.12)。まず、時間に応じた暖かさの変動を捉えるため、時間帯ごとの作用温度の平均および最高、最低について、全事例における平均値を用いて検討した (Fig.13)。作用温度は1日での平均が12.5℃であり、外気温の平均よりも3.1℃高い。各時間帯でみると、作用温度はいずれも夕が最も高くなり、較差は最も小さくなる。

次に、窓辺の熱環境が時間に応じて変化する度合いを検討する。そこで、寒暖の程度を定量的に把握するため、作用温度を快適範囲^{注15)}、快適範囲を上回る高温、下回る低温の3種類に分けて捉え、作用温度とこれら各閾値との差の時間積分 (以下、デグリーアワー)を、それぞれ高温 DH (24℃を上回る場合の24℃との差の時間積分)、快適 DH (快適範囲にある場合の18℃との差の時間積分)、低温 DH (18℃を下回る範囲における18℃との差の負の時間積分)とし、これらを総合した DH (= 高温 DH + 快適 DH + 低温 DH) を指標とした (Fig.14)。総合した DH の値が大きいほど暖かさを得ていることを示し、さらに高温、快適、低温の各 DH をあわせることで、時間変動を加味した寒暖の性状を捉えることができる^{注16)}。全事例について各 DH の分布をみると、高温 DH や快適 DH が発生するものは少なく (4/41, 11/41)、また全事例で低温 DH が最も大きな割合を占める。

4. 2. デグリーアワーの時間変化からみた窓辺の熱パターン

次に、自然光の取得により1日の中でどの時間帯により多くの暖かさを得ているのかという観点から、各事例について DH が最大となる時間帯をもとに熱パターンとして分類し、パターンごとに該当事例における DH の時間帯別の平均値をあわせて示した (Fig.15)。朝や夜の時間帯に DH が最大となる事例はみられず、全ての事例が昼または夕に DH が最大となり、この内、夕に DH が最大となる「夕暖」が大半を占める (35/41)。さらに、熱パターンごとの該当事例について時間帯別の DH の平均値をみると、いずれの時間帯も「昼暖」の方が値が大きく、昼にその差が最大となる。また夕と夜は同程度の値を示す。

5. 窓辺の構成と冬期の光・熱環境

5. 1. 光・熱パターンと窓辺パタンの関係

前章までの窓辺の構成、冬期の光環境および熱環境の特徴を重ね合わせ、窓辺と環境の関係を検討する (Fig.16)。そこでまず、1日の中で自然光による明るさと暖かさを相乗的にどれくらい多く得ているのかという観点から、窓辺の光と熱の各パタンの組合せを検討し、光・熱パターンとしてA～Eが得られた。「昼明」と「夕暖」の組合せのDが約半数を占める (21/41)。次に、これら光・熱パターンと窓辺の構成要素との組合せを検討する。まず敷地の方位との組合せをみると、南北に長い敷地 (①～⑤) はDとCの過半数を占めており (18/21, 3/5)、昼と夕との関係が強い。東西に長い敷地 (⑥～⑨) はEの大半を占め (9/10)、その内、敷地外に窓外の広がりのある⑦が多く (5/9)、光と熱の取得のピークは夕方にかけて生じる傾向にある。次に、窓外の広がりのあるものをみると、敷地内 (①③⑥⑨) は約半数がDに該当し (10/21)、南北に長い敷地 (①③) との組合せが多い (8/10)。ここで、光と熱をより多く取り入れている窓辺に着目する。まず、光について朝、昼、夕の各時間帯の照度を積算し、その値が平均値以上の13件の光・熱パターンをみると、大半が

Dに該当し (9/13)、このうち中心の光パターンは「夕明」が多い (6/9)。次に、熱について1日のDHが平均値以上の18件をみると、CとDに多く (4/18, 9/18)、Cはその大半を占める (4/5)。さらに、これらのうちの光も熱も平均値以上の組合せに着目すると11件が該当し、光・熱パターンはD (7)、C (3)、E (1) であり、光と熱のピークは昼以降に限られている。これらの光と熱の場所や時間による変化をみると、窓辺と中心の1日の照度比が平均値より大きいものが5件あり、約半数に明るさのむらが生じやすい傾向がある。DHの内訳をFig.14とあわせて確認すると、低温 DH のみが3件、快適 DH を含むものが8件、さらに高温 DH も含むものが4件であり、熱の変化が多様であることがわかる。さらに、これらの窓辺の構成要素との組合せに着目すると、主窓の方位は南西を主体 (5/11) にすべて南を

Fig. 17 Effect of improvement in window's insulation

Fig. 17 Note: The legend is indicated in Fig. 16. 図 17 注) 凡例は図 16 に示す。

含み、窓外の広がりも敷地内を主体 (8/11) に設けるという条件が共通し、これらは光も熱もより多く取り入れる上で特に相関の強い要素であることがわかる。また、主窓の面積は大半 (7/11) であり、窓辺の断面配置は上階を主体 (9/11) とし、平面的な配置は道路側が多く (8/11)、特に上階の断面的配置と敷地内の窓外の広がりとの組合せが多い (5/8)。さらに、敷地の方位との関係をみると、南北に長い敷地 (7/11) では窓辺の配置は平面的には道路側が 6 件であり、このうち断面的には上階が 5 件である。つまり、前面道路を空地として利用し、街に対して開きながら採光を確保し、中でも上階に配置することでプライバシーを高めた構成が多いことがわかる。一方、東西に長い敷地では (4/11)、すべて上階である。これらの傾向から、狭長な敷地が特にその方位に応じて、窓辺の配置に対して異なる制約条件となっていると考えられる。

5.2. 窓の断熱性能の向上の影響

前節までの検討結果より、熱環境は高温 DH や低温 DH を有するものが少なく、また、開口部は壁や屋根などの躯体に比べ一般的に断熱性能が劣ることから、窓の性能の向上による熱環境の改善を検討する。ここでは、窓辺の空間性状への影響を抑えながら、熱環境を改善する方法として、枠およびガラスの断熱性能の変更に着目する。そこで、光と熱ともに平均値以上であった 11 件を対象に、これらの窓の断熱性能の変更を検討する (Fig.17)。

いずれの事例も、枠とガラスの組合せは金属製熱遮断構造+複層ガラス^{注17)}であるため、これらを木製+低放射複層ガラスに変更し、変更前後での照度と DH を比較した。ここで、複層ガラスから低放射複層ガラスに変更することにより、断熱性能は上がるが可視光透過率や日射熱取得率は小さくなり、光と熱の間でトレードオフが発生する。そのため、いずれの事例も照度は窓辺、中心ともに低下し、その割合は窓辺、中心ともに最大で 23% 程度、平均で 18% 減である。しかし、大半 (7/11) で DH が増大し、開口部の断熱性能の向上による温熱環境の効果がみられた。特に、No.7 の事例では、DH が一日を通して上昇し、熱パターンが「昼暖」から「夕暖」となり光・熱パターンが C から D に変化している。一方、DH が低下した 4 件 (No.4, 26, 21, 16) は光・熱パターンが D、E であり、主窓の方位は南西が多く (3/4)、窓率、主窓率ともに小さいものが多い (3/4)。ここで構造・構法に着目すると、No.4, 16 は RC 外断熱であり、ガラスの変更により室内への日射熱が減少し、躯体への蓄熱量も低下したことで、室温や作用温度の上昇が抑えられたためと考えられる。

6. 結

本研究では、現代日本の狭長敷地に建つ住宅作品を対象に、パッシブデザインの観点から冬期における窓辺の空間と光・熱環境の関係性を検討した。

2 章の窓辺の構成に関する分析では、対象作品の気候条件を概観し、さらに主空間の敷地環境に対する開き方に着目し、窓辺の構成要素の組合せを検討した。敷地が南北方向に長い場合は、主窓の断面配置が上階+敷地の内や外に窓外の広がりをつける構成が多く、敷地が東西方向に長い場合は、上階で、敷地外に窓外の広がりをつけるものが多いなどの特徴を明らかにした。

3 章の冬期の光環境に関する分析では、窓辺と中心の光環境についてシミュレーションにより検討した。窓辺の照度は昼が最も高くなるものが多く、中心は昼に加え夕方も一定数みられること、場所ごと

の明るさのむらは特に昼に顕著なことなどの特徴を明らかにした。

4 章の冬期の熱環境に関する分析では、窓辺の熱環境についてシミュレーションにより検討した。作用温度のデグリーアワーを指標とし、夕に DH が最大となるものが特に多いこと、快適 DH や高温 DH を有する事例は少ないことなどの特徴を明らかにした。

5 章では、前章までの窓辺の構成と光・熱環境を重ね合わせて検討した。光と熱の両方をより多く取り入れている窓辺には、主窓の方位は南を含み、敷地内に窓外の広がりをつけるという強い相関関係がみられ、また、敷地の方位が窓辺の配置に対して制約条件となる傾向がみられること、窓の断熱性能を向上すると、すべての事例で照度は窓辺、中心ともに低下するものの、概ね DH は大きくなり、熱環境は改善されるが、窓の大きさや方位、躯体の構造・構法によっては異なる性状を示すなどの特徴を明らかにした。

以上、本研究で明らかにした窓辺の空間と光・熱環境の関係には、現代日本の都市住宅に特有の窓と環境のせめぎあいの特徴の一端を見出すことができ、現代における日本のパッシブデザインのあり方を考える上で有用な知見となるものと考えられる。また、本研究では冬期について検討したが、夏期の室内環境と日射遮蔽や通風などは、本稿とは異なる視点からの窓辺の空間と環境特性に関する考察が可能であり、今後の研究により明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) Victor Olgyay: DESIGN WITH CLIMATE, Princeton University Press, 2015 (first published in 1963)
- 2) SHOKOKUSHA: Passive design method dictionary in architecture for natural energy use newly-revised edition, SHOKOKUSHA Publishing, pp.36-39, 42-49, 76-79, 2000.7
彰国社編: 自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典 新訂版, 彰国社, pp.36-39, 42-49, 76-79, 2000.7
- 3) Matsumoto Yoshie, Kodama Yuichiro, Takemasa Koji, Murata Ryo, Kaneko Naoshi, Miyaoka Futoshi: Development and application of passive climate chart, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.82, No.737, pp.653-662, 2017.7
松元良枝、小玉祐一郎、武政孝治、村田涼、金子尚志、宮岡大: パッシブ気候図の作成とパッシブデザインへの活用, 日本建築学会環境系論文集, 第82巻, 第737号, pp.653-662, 2017.7
- 4) Murata Ryo, Kaneko Asumi: Sectional composition and light environment in winter of the courtyard and adjacent rooms in contemporary Japanese courtyard houses, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol.79, No.700, pp.1321-1327, 2014.6
村田涼、金子明日美: 現代日本のコートハウスにおける中庭まわりの断面構成と冬期の光環境, 日本建築学会計画系論文集, 第79巻, 第700号, pp.1321-1327, 2014.6
- 5) Matsumoto Yoshie, Murata Ryo, Hasegawa Yui and Fujiwara Kisa: The intentionality towards environmental design in terms of spatial composition in Junzo YOSHIMURA's houses, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol.83, No.745, pp.397-404, 2018.3
松元良枝、村田涼、長谷川由依、藤原紀沙: 吉村順三の住宅作品における主空間の構成からみた環境制御の志向性, 日本建築学会計画系論文集, 第83巻, 第745号, pp.397-404, 2018.3
- 6) Fujiwara Kisa, Murata Ryo, Yuasa Kazuhiro, Yasuda Koichi: The relationship between form and thermal environment on main room models of contemporary houses in Hokkaido, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol.80, No.708, pp.315-322, 2015.2
藤原紀沙、村田涼、湯浅和博、安田幸一: 北海道の現代住宅における主空間の形状と温熱環境の関係性, 日本建築学会計画系論文集, 第80巻, 第708号, pp.315-322, 2015.2
- 7) Tanoue Kenichi, Ogura Nobuyuki, Fukushima Shunsuke: Spatial

- characteristics of the pilotis-type detached housing analyzing by housing needs and dwelling usage, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.64, No.522, pp.147-153, 1999.08
- 田上健一, 小倉暢之, 福島駿介: 住要求および居住実態からみたピロティ型戸建住宅の空間特性, 日本建築学会計画系論文集, 第64巻, 第522号, pp.147-153, 1999.8
- 8) Ohgaki Naoaki, Taniguchi Naohiro: Study on growing process of "the plan based on living room" in Hokkaido -Concerning the development of technique protected against the cold-, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol.70, No.590, pp.131-136, 2005.4
- 大垣直明, 谷口尚弘: 北海道における『居間中心型』プランの発展過程に関する研究 防寒技術の発展との関係を中心として, 日本建築学会計画系論文集, 第70巻, 第590号, pp.131-136, 2005.4
- 9) Uno Yuji, Horikoshi Tetsumi: Dimensions and configurations of opening in traditional vernacular houses and bioclimate in Japan, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.65, No.538, pp.37-43, 2000.12
- 宇野勇治, 堀越哲美: 伝統的農家住宅の開口部形態・位置と立地地域における体感気候, 日本建築学会計画系論文集, 第65巻, 第538号, pp.37-43, 2000.12
- 10) Suzuki Masaaki, Ichikawa Takanori: A study on passive design techniques and the selection factors of modern houses, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.74, No.642, pp.1001-1008, 2009.8
- 鈴木聖明, 市川尚紀: 現代住宅のパッシブ設計手法とその選定要因に関する事例調査研究, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, 第642号, pp.1001-1008, 2009.8
- 11) Miyaoka Futoshi, Kodama Yuichiro, Takemasa Koji, Hasui Chikako: Difference of ventilation mode on passive cooling effect, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.72, No.618, pp.37-43, 2007.8
- 宮岡大, 小玉祐一郎, 武政孝治, 蓮井睦子: 外気導入モードの違いがパッシブクーリング効果に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, 第72巻, 第618号, pp.37-43, 2007.8
- 12) Sugiyama Susumu, Yasufuku Satoshi, Kubota Tetsu, Toe Doris Hooi Chyee: Effectiveness of energy-saving renovation techniques through passive cooling for urban houses in hot-humid climate of Malaysia, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.80, No.714, pp. 673-683, 2015.8
- 杉山奨, 安福悟志, 久保田徹, Toe Doris Hooi Chyee: 高温多湿気候下のマレーシアの都市住宅を対象としたパッシブクーリングによる省エネルギー改修効果の検討, 日本建築学会環境系論文集, 第80巻, 第714号, pp.673-683, 2015.8
- 13) Koizumi Takashi, Suzuki Nobuhiro: Effects of the sunlight on spatial orders and their causes in architectural spaces, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.64, No.516, pp.153-160, 1999.2
- 小泉隆, 鈴木信宏: 建築空間における空間秩序的太陽光効果とそれらの要因, 日本建築学会計画系論文集, 第64巻, 第516号, pp.153-160, 1999.02
- 14) Ito Masaaki, Kuroyanagi Akio, Nakamura Shigeki: A study on the spatial composition of the coastal villages caught it from light as an environment element -About the formation of the village, the house and the living habitude as settlements Part3-, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.66, No.539, pp.103-110, 2001.01
- 伊藤昌明, 畔柳昭雄, 中村茂樹: 自然環境要素としての光から捉えた沿海集落の空間構成に関する研究 生活環境としての集落・民家・生活習慣の成立について その3, 日本建築学会計画系論文集, 第66巻, 第539号, pp.103-110, 2001.01
- 15) Sato Masato, Nakayama Kazumi, Yoshida Keishi, Miyatani Rie: A study on actual conditions of sunlight, windows and visual environments of houses: A survey by questionnaires concerning lighting of houses in urban areas Part 1, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.75, No.655, pp.799-806, 2010.9
- 佐藤仁人, 中山和美, 吉田圭志, 宮谷梨江: 住宅の日当たりと窓および視環境の実態 都市における住宅の照明に関するアンケート調査 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第75巻, 第655号, pp.799-806, 2010.9
- 16) Tsubota Yuji, Nakayama Kazumi, Hazama Yoshikazu: A research on window opening/closing in dwellings in summer: Attitude and behavior survey in the Tokyo metropolitan area through internet, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.77, No.676, pp.515-521, 2012.6
- 坪田祐二, 中山和美, 間純一: 夏期の住宅における窓の開放に関する調査研究 首都圏におけるインターネットアンケート調査による窓の開放の意識と実際の窓の開放, 日本建築学会環境系論文集, 第77巻, 第676号, pp.515-521, 2012.6
- 17) Matsumoto Yoshie, Hosokawa Nami, Murata Ryo: Light and thermal environments near the windows of contemporary Japanese house in slender sites during winter(1), Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, History and Theory of Architecture, pp.447-448, 2018.7
- 松元良枝, 細川奈未, 村田涼: 現代日本の狭長敷地に建つ都市住宅における窓辺と冬期の光・熱環境(1), 日本建築学会大会学術講演梗概集 建築歴史・意匠, pp. 447-448, 2018.7
- 18) Hosokawa Nami, Matsumoto Yoshie, Murata Ryo: Light and thermal environments near the windows of contemporary Japanese house in slender sites during winter(2), Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, History and Theory of Architecture, pp.449-450, 2018.7
- 細川奈未, 松元良枝, 村田涼: 現代日本の狭長敷地に建つ都市住宅における窓辺と冬期の光・熱環境(2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 建築歴史・意匠, pp. 449-450, 2018.7
- 19) Kitayama Koh, Tsukamoto Yoshiharu, Nishizawa Ryue: Tokyo Metabolizing, TOTO Publishing, p.40, 2010.7
- 北山恒, 塚本由晴, 西沢立衛: トウキョウ・メタボライジング, TOTO出版, p.40, 2010.7
- 20) Architectural Institute of Japan: Expanded AMeDAS Weather Data 1981-2000, Kagoshima TLO, 2005.8
- 社団法人日本建築学会: 拡張アメダス気象データ1981-2000, 鹿児島TLO, 2005.8
- 21) Building Research Institute: Technical information on the evaluation of energy consumption performance in compliance with the Energy Conservation Standard, 2016.4
- 国立研究開発法人建築研究所: 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅), 2.2.11-2章 日射に関する地域の区分と日射量等, 2016.4
- 22) SHASEJ: SHASE-G1001-2012 Heating Air-Conditioning Sanitary engineers' Program for Experience and Education, SHASEJ, pp.40-41, 2012.10
- 公益社団法人空気調和・衛生工学会: 試して学ぶ熱負荷HASPEE〜新最大熱負荷計算法〜, 丸善出版, pp.40-41, 2012.10
- 23) Tanaka Shunroku, Takeda hitoshi, Iwata toshie, Tsuchiya Takao: Building environmental engineering, INOUESHOIN, p.182, 2013.3
- 田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁: 最新建築環境工学改訂2版, 井上書院, p.182, 2013.3
- 24) Kawashima Yoshikatsu: Thermal environment of housing for elderly people, Rikogakusha Publishing, 1994.6
- 川島美勝: 高齢者の住宅熱環境, 理工学社, 1994.6

注

- 注1) 非定常の多数室温熱環境シミュレーションソフトTRNSYS18を熱環境の検討に、TRNSYS18に統合された昼光シミュレーションソフトDaySIM、Radianceを光環境の検討に使用した。なお、TRNSYS18は、国土交通省の特別評価方法認定(年間暖冷房負荷の計算方法を用いて評価する方法)を取得している(認定番号329)。
- 注2) 参考文献19) に、東京において世代を経て土地が分割されて宅地の狭長化が進む変遷が示されている。
- 注3) 敷地の奥行と間口の長さの比が2以上、短辺のみが接道しているものを対象とする。また、旗竿敷地の場合は、旗部分の道路側の幅員を間口とした。
- 注4) 図面に居間やダイニングなどと表記されたひとつながりの空間。1つの作品に複数みられる場合は居間を含む空間を対象とした。
- 注5) 同形状の窓がある場合、居間の近傍のものを主窓とした。

注6) 位置は、主窓の中心から室内側に1m、FL+0.7mとした。

注7) 同一の気候特性の下、宅地の狭長化が広くみられる地域として、東京都23区内を対象範囲として選定した。

注8) 本研究では、日本における現代の建築ジャーナリズムの中で代表的なものと思われる「新建築 住宅特集」誌の2000年から2017年に掲載された、本研究で定義する狭長敷地に建つ新築一戸建て専用住宅の内、東京都23区内にあり、敷地面積が100㎡以下、地下階が1以上、地上階が3以下のものの中から、分析に十分な資料が得られた41件を対象としている。

注9) 対象事例の選定において、建物の階数や敷地の面積には制限を設けず、また敷地が長辺で接道するものも含むという条件では112件が確認され、さらに狭小で間口も狭いという条件を加味し、狭長敷地に建つ都市住宅としての条件をより明確に備えた41件を対象として選定した。

注10) 参考文献3) 東京の気候図が示されている。

注11) 樹木は含まず、地表面の日射の反射率は一律でアルベド0.2（土に相当）として設定した。

注12) 断熱性等の各部位の仕様は資料中の矩計図やデータシート等をもとに個別に設定し、材料は参考文献22)、日射吸収率は参考文献23) より設定した。なお、気密性は一律で換気回数0.5回/hとした。

注13) 平面図から部分的な凹凸は無視し、不整形は長方形に近似し設定した。

注14) JIS Z9110において、住宅の居間の推奨照度は、手芸、裁縫は1000Lux、読書は500Lux、団らん、娯楽は200Luxとされている。

注15) 参考文献24) 評価のための基準値として、高齢者・身障者に配慮した住宅熱環境評価基準値(一般人)では、冬期における居間・食堂の温度は黒球温で21±3℃とされている。黒球温と作用温度は概ね等しいものとし、その温度をもとに18℃～24℃を快適範囲と定義した。

注16) 本稿で定義するデGREEアワーは、基準温度との差を用いた指標である暖房デGREEーや冷房デGREEーの方法を援用しているが、冬期に自然光による熱をいかに多く得ているのかという観点から、快適範囲においては下限値である18℃との差を加味し、快適DHを設定している。

注17) 比較前の開口部の性能は熱貫流率3.49W/m²K、日射熱取得率0.79、可視光透過率0.82、比較後の性能は、熱貫流率1.89W/m²K、日射熱取得率0.63可視光透過率0.72とした。

Appendix table 1 Works list

No.	Year	Name	(in Japanese)	Structure
1	2001/1	House in Setagayakamimachi	世田谷上町の家	RC, W
2	2002/4	Tokyo tokyo	Tokyo トーキョー	RC, S
3	2002/4	Box House 49	箱の家-49	W
4	2002/5	House in Hatanodai	旗の台の家	RC
5	2003/3	Natural weage	ナチュラルウェッジ	S, RC
6	2003/4	House in Yoga	用賀の家	RC
7	2004/4	House in Tairamachi	平町の家	RC, S
8	2006/11	TRICOT	TRICOT	RC, S
9	2007/3	House tower	ハウス・タワー	RC
10	2007/4	Natural Stick	ナチュラルスティック	RC
11	2007/12	LC-SH12	八丁堀・櫻庵 LC-SH12	S
12	2007/12	Oval Panel House	Oval Panel House	W
13	2007/12	House in Otsuka	大塚の家	S, RC
14	2007/12	Iron House	鉄の家	S
15	2008/6	KHB	KHB	W, RC, S
16	2009/5	House in Higashiyama	東山の家	RC
17	2010/1	Platinum House	シロガネの家	W
18	2010/7	Tower Machiya	タワーまちや	S
19	2010/7	YK	YK	S, RC
20	2011/2	Split Machiya	スプリットまちや	RC, W
21	2011/10	House in Yoyogiuehara	代々木上原の家	W, RC
22	2012/1	gate	gate	W
23	2012/3	Natural StripIV	ナチュラルストリップIV	S
24	2012/3	House in Motoasakusa	元浅草の住宅	S
25	2012/5	43base	43base	S
26	2012/5	BW3	BW3	W
27	2012/12	GALA House	GALA HOUSE	RC
28	2013/2	House in Nishi-ogikubo	西荻窪の家	S, W
29	2013/4	MARUSANKAKUSHIKAKUNOIE	マルサンカクシカクイエ	W
30	2013/11	House in Kyuden	給田の家	W
31	2014/4	1.8M width House	1.8m 幅の家	S
32	2014/6	House in Torigoe	鳥越の住宅	S
33	2015/1	Roji Machiya	ロジまちや	W
34	2016/4	Familiar House	ファミリアハウス	S
35	2016/4	Hirairi in Magome	馬込の平入	W
36	2016/4	House in Kamimeguro	上目黒の住宅	W
37	2016/4	House in Hamadayama	浜田山の住宅	W
38	2016/6	Microclimate House	微気候の家	S
39	2017/5	TRANS	TRANS	RC
40	2017/6	CLT House	荻窪の住宅	W(CLT)
41	2017/11	Urban Pit-dwelling	日本橋の竪穴住居 LC-SH14	S

Appendix table 1 Note: "Year" in the table indicates the year and month of publication of the magazine of the corresponding work.

別表1 注) 表中の year は該当する作品の雑誌掲載年月を示す。

LIGHT AND THERMAL ENVIRONMENTS NEAR THE WINDOWS OF CONTEMPORARY JAPANESE HOUSE IN SLENDER SITES DURING WINTER

Yoshie MATSUMOTO^{*1}, *Ryo MURATA*^{*2} and *Nami HOSOKAWA*^{*3}

^{*1} Doctoral Student, Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Technology

^{*2} Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.

^{*3} Taisei Corporation, M.Eng.

Introduction:

Regional climate is an important element in architectural design. In particular, passive design that uses natural energy effectively by architectural methods is getting its importance from the viewpoint of environmental problems and energy conservation. Window is one of fundamental elements for passive design methods such as daylighting and cross ventilation. However, the slender sites with narrow frontage and deep depth exist as a typical housing lot in contemporary urban area in Japan. These conditions might restrict the design direction of these houses, especially for window, because the locational factors cause limitations for their arrangements while various necessities for the urban house, such as keeping privacy, safety and view, are required. Hence, it is necessary for their design to respond to both requirements, one is from the passive design solutions and the other is from each site's specific conditions. It could be considered that various characteristics of practices for passive design in contemporary houses emerge throughout their investigations. Particularly, ambivalent characteristics between light and thermal environment near the large window in winter which has advantage to get much sunlight but disadvantage for keeping warm could be found. Therefore, this paper aims to clarify characteristics of spatial composition, light environment and thermal environment near the window of contemporary Japanese houses in the slender site during winter.

Methods:

First, spatial composition of near the window is examined besides the overview about climatic condition. Then, characteristics of the main space and its windows are analyzed as seen from the way to open to surroundings.

Second, light and thermal environments of the main space in a winter day are analyzed by simulations. Light environment is examined by illuminance near the window and the center while thermal environment near the window is examined by operative temperature with considering variations in a day.

Third, relationships of spatial composition, light and thermal environments are analyzed.

Results:

- 1) In both the long north-south site and the long east-west site, the main space and near the window tend to be located on the upper floor and opened to the outside site.
- 2) The illuminance near the window is highest mostly in the daytime while the center place tends to be highest also in the evening. The unevenness of illuminance between these places also increases mostly in the daytime. In the analysis of thermal environment near the window, the degree-hour (DH) is used to indicate fluctuation of operative temperature. Many cases show the highest amount of DH in the evening while the Comfort DH and the High DH rarely appear.
- 3) The composite analysis of space and environment shows correlative characteristics among the cases which get much the light and heat of the sun. It indicates that the main window facing south with outdoor space inside site is superior. Further investigation regarding improvement of thermal insulation performance of the window indicates a tendency of a trade-off between brightness and warmth. The DH generally increases and thermal environment is improved in most cases though it differs depending on the size of window and the structural property.

(2018年8月4日原稿受理, 2018年12月27日採用決定)