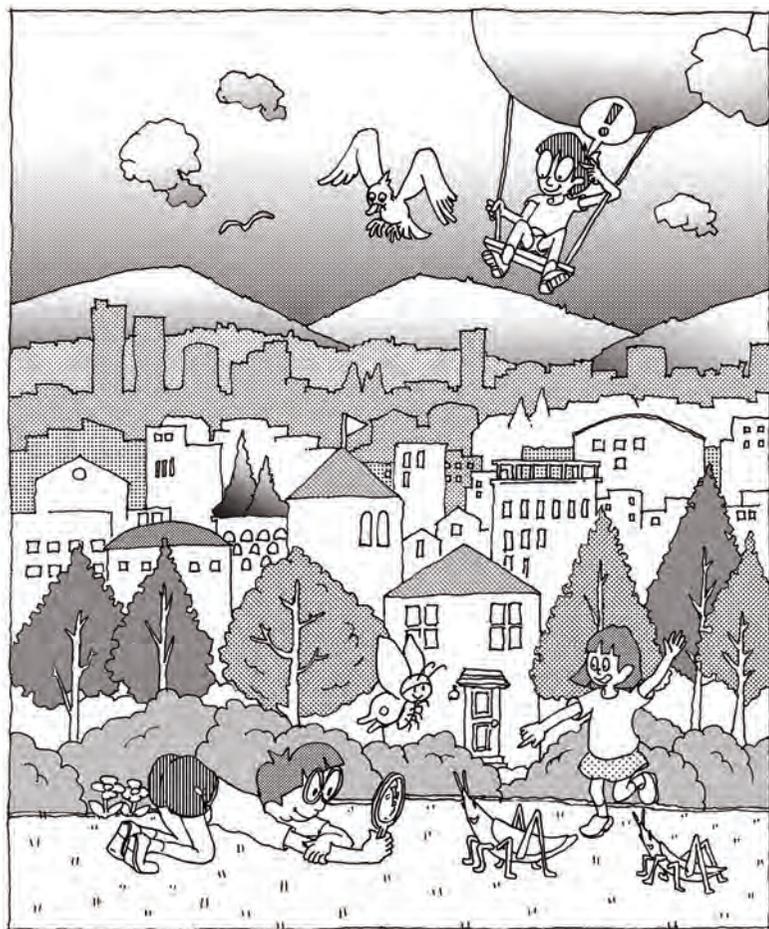


Think globally, Act locally.
—地球規模で考えて、足もとから行動せよ—



この標語は地球環境問題に取り組む上で重要な考え方として有名ですが、建築にもよくあてはまる言葉だと思います。建物とその周辺から、都市・地域・国と空間的に広がり、大きく地球環境までの影響を考えることで、建物を建てることや建物に住まうことの持続可能性を高めることができるからです。

“鳥の目で考えて、虫の目で行動する”ということもスケールの違いこそありますが、建築の環境計画では大切なことです。室内を快適な環境にするときに、少し広い範囲の外部環境をうまく活用していきたいものです。建物を取り巻く環境のポテンシャルを活用することで、快適性の向上と環境負荷の低減が両立された建築を実現できるでしょう。

1章 パッシブデザイン

1.1 建築と環境

1.1.1 建築の基本性能

私達が求めている良い建築とはどのようなものでしょうか？

住み心地が良く、デザイン性に優れ、費用が抑えられた建築でしょうか。これらの一つひとつが建築の評価軸になります。評価軸は、この他にもたくさんあり、建築の基本性能を構成します。建築に求められる基本性能を図 1.1 にまとめます。

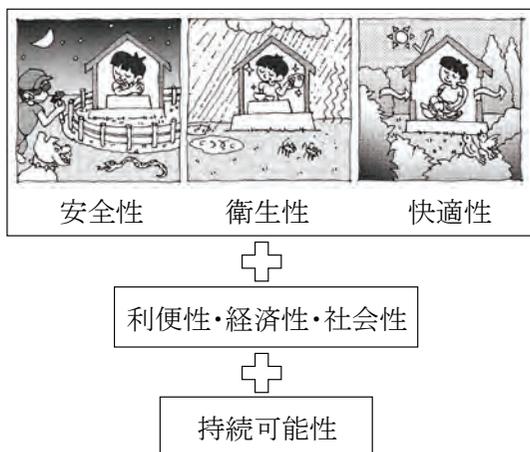


図 1.1 建物の基本性能

私達の生活にかかわる安全性や衛生性は、建築に求められる最も基本的な性能です。これらは、よい建築の土台となります。しっかりとした土台の上では、心地よい生活がおくれる快適性も求められるようになるでしょう。建築物が建てられるようになった最も古い時代から求められてきたものと考えられます。

住居とは異なる用途を持つ建築物が建てられるようになると、美しさや象徴性を主にする建築も現れてきます。主流ではありませんが、建築作品と称される建築は現在もあり続け、多くの建築に影響を与えています。

主流に戻ると、都市のように建築が集まり互いに影響を与えたり、生活に加えて生産の役割を持つようになったりすることで、利便性、経済性、社会性などの評価軸も重視されるようになってきました。現在の建築に最も近いものです。

永く続いてきたこれらの建築の評価軸に、近年新たに加えられたのが持続可能性です。持続可能性の高い建築を創るには、これまでの建築が目指してきた流れとは大きく異なる考え方が必要になりそうで

[参考]

日本住宅性能表示基準

住宅の品質確保の促進等に関する法律（平成十一年法律第八十一号）

- ① 構造の安定に関する
- ② 火災時の安全に関する
- ③ 劣化の軽減に関する
- ④ 維持管理・更新への配慮に関する
- ⑤ 温熱環境・エネルギー消費量に関する
- ⑥ 空気環境に関する
- ⑦ 光・視環境に関する
- ⑧ 音環境に関する
- ⑨ 高齢者等への配慮に関する
- ⑩ 防犯に関する

[参考]

官庁施設の基本的性能基準（平成 25 年版）

官庁営繕の技術基準・国土交通省

- ① 社会性：地域性、景観性
- ② 環境保全性：環境負荷低減性、周辺環境保全性
- ③ 安全性：防災性、機能維持性、防犯性
- ④ 機能性：利便性、ユニバーサルデザイン、室内環境性、情報化対応性
- ⑤ 経済性：耐用性、保全性

1章 パッシブデザイン

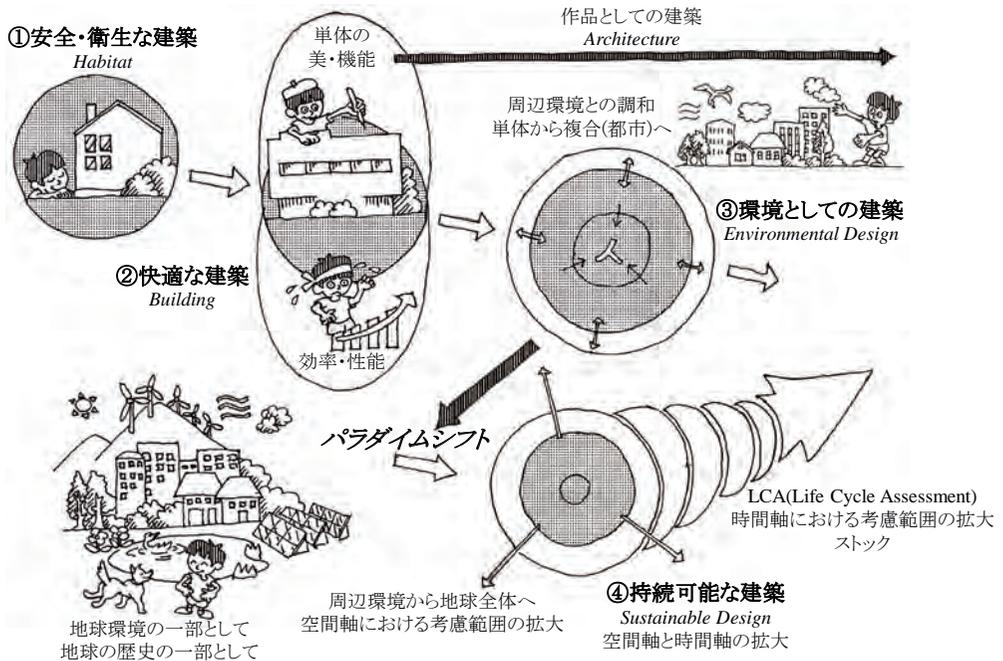


図 1.2 持続可能な建築

パラダイムシフト (paradigm shift)

ある時代に多くの人々が共有しているものの見方や考え方をパラダイムといいます。これが劇的に変化することがパラダイムシフトです。

す。こうした大きな変化は、**パラダイムシフト**と呼ばれます。図 1.2 に現在の建築に至る流れをまとめます。

建築環境は、独立してあるものではなく、周辺環境や地域環境に取り囲まれて、互いに影響を与え合う入れ子状の構成をしていることは古くから知られていました。ただし、私達の生活がさらに大きな地球環境までも影響を与えていることが共有されたのは、つい最近のことです。

地球環境・建築憲章

(2000年6月1日 建築関連5団体制定)

持続可能な循環型社会の実現への取り組みとして以下が挙げられています。

1. 長寿命
2. 自然共生
3. 省エネルギー建築の創造
4. 省資源・循環
5. 継承性

地球温暖化やオゾン層の破壊といった地球環境問題は、私達の生活の変化によってもたらされており、建築と住生活に起因する影響が少なくないことが認識されたのは1980年代のことです。2000年には、建築関連5団体から**地球環境・建築憲章**が宣言されました。こうした建築を取り巻く社会の変化は、**パラダイムシフト**といえる大きな変化です。

建築のライフサイクル

建物が企画・計画・設計されることに始まり、建材や設

これまでの建築に求められてきた基本性能は、評価をされる期間が、建築の寿命に対して短いことが多かったことも挙げられます。竣工時に備えている性能、あるいは、20～30年の期間に維持されている性能が対象とされてきました。空間的には、単体の性能や隣近所のような狭い範囲への影響で捉えてきました。しかし、持続可能性は、長寿命化された**建築のライフサイクル**全体で、地球環境にまで至る広大な空間への影響を考えていく必要があります。つまり、建築の性能を評価する時間軸と空間軸が大きく拡大されたこととなります。

【トピック】 SDGs とは？

持続可能な開発目標（SDGs）とは、2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継として、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に記載された2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標です。17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の「誰一人取り残さない（leave no one behind）」ことを誓っています。SDGsは発展途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサル（普遍的）なものであり、日本としても積極的に取り組んでいます。



(出典：外務省 JAPAN SDGs Action Platform)

1.1.2 建築環境工学

本書で学ぶ建築環境工学は、衛生性、快適性、持続可能性に大きくかわる分野です。建築環境工学は、建築と人を取りまく物理環境を分析的に捉えようとする**建築計画原論**と技術的に制御しようとする**建築設備工学**が融合した学問分野です（図1.3）。

建築環境工学では、光・音・熱・空気・水の**5つの物理要素**を対象にして、快適な住環境をデザインするための研究が行われています。建築計画、建築構造、建築史などと比較すると新しい分野になります。これまでに室内空間での5つの要素の物理面の知見は概ね明らかにされてきています。現在は、私達居住者の生理面の反応が明確な要素から、心理面の検討が進められています。物理量・生理量・心理量がそろい、環境の把握と人間側の要求が関連づけられることで、より良い建築の環境計画・設計に活用されています。

備の製造・運搬、現場での施工、竣工後の運用期間における複数回の修繕・更新を経て廃棄に至るまでの一連の流れと期間を指します。竣工後の運用期間は、法定耐用年数、物理的・経済的・社会的耐用年数により決まります。

建築計画原論

室内環境の問題を取り扱う建築学の一領域（渡辺要編：建築計画原論、丸善1962）。設計計画において、環境計画的事項のうち物理および生理衛生的問題を扱っていました。

5つの物理要素

近年は、電波と磁場を6つめの物理要素とし、電磁環境の計画・設計も行われています。本書では、水環境と電磁環境は割愛しています。

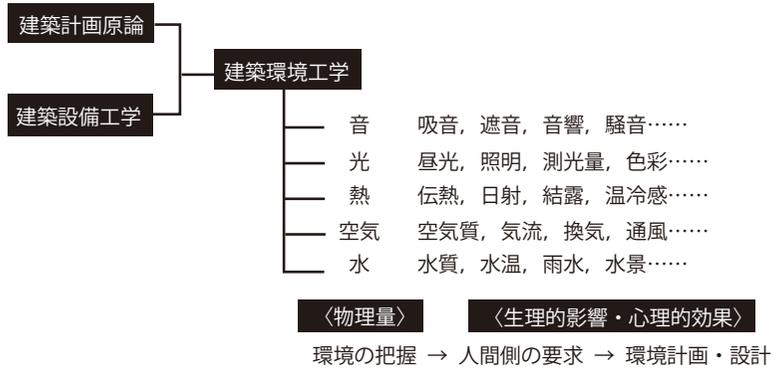


図 1.3 建築環境工学の構成

これからは、たくさんの要素が複合している実際の居住環境に近い状態で、居住者がどのように環境とかかわっているのかが明らかになっていくでしょう。こうして得られた成果を実際の建築設計へ適用していくシンプルな方法や、住まい手が適切に環境を調整できるようにするための情報の整備や、人工知能（AI）を活用した自動化などが今後の大きな課題となっていくそうです。

さらに建築設計で考慮すべきことに、持続可能性に関連する時間軸と空間軸の拡大が加わったこととなります。室内から外部空間、地域、都市、国、地球という対象の空間的な拡大や、計画から設計、施工、維持管理、解体、再利用という対象とする時間軸の拡大などにより、明らかにしていかなければならない課題はますます増加しています。

1.2 パッシブデザインとアクティブデザイン

建築デザインによって、居住環境を構成する5つの物理要素をどのようにコントロールして快適な空間を作っていくのか、以前に建築計画原論と呼ばれていた分野が、現在ではパッシブデザインと呼ばれています。これにエアコンなどの設備機器を用いたアクティブデザインが加わって、現在の建築環境工学となっています（図 1.3）。

パッシブ (passive) の意味を辞書で調べると、「受身の、消極的な、活気のない、無抵抗の」という意味が出てきて、どうも、あまり良いイメージではありません。しかし、建築分野におけるパッシブデザインとは、大辞林^{*1}によると「特別な機械装置を使わずに、建物の構造や材料などの工夫によって熱や空気の流れを制御し、快適な室内環境をつくりだす手法」と説明されています。例えば、庇を設けて夏の日差しを遮り、室内に入ってくる熱を少なくすれば、エアコンに頼らなくても快適に過ごすことができます。このような考え方や設計手法

パッシブデザイン
(passive design)

アクティブデザイン
(active design)

*1 大辞林（第三版）、三省堂、2006

は、古臭いどころか、建築設計の基本であり、今後さらに重要になっていくでしょう。

パッシブデザインと対になる言葉がアクティブデザインです。アクティブデザインとは、実用日本語表現辞典^{*2}によると「冷暖房機器や照明などの人工物を効率的に組み合わせることにより、快適な居住空間を確保することを目指した設計手法」と説明されています。専門分野としては、建築設備工学がこれに該当します。

パッシブデザインとアクティブデザインは、化石燃料に由来するエネルギー利用の点でも大きく異なります。パッシブデザインは、電気などのエネルギーに頼らず、自然のポテンシャルを活用して快適な空間を作り出す設計手法です。地域の気候風土に合わせた建物自体のデザインによって、熱や光や空気などの流れを制御し、快適な環境を作り出すとともに、地球環境への負荷を極力少なくしようとするものです。

しかし、パッシブデザインだけで常に快適な環境が得られるかというと、そうではありません。私達の多くは経済性や利便性の高い都市に集住しているために、自然のポテンシャルを利用するだけでは快適な環境が得られない季節や時間帯があります。また、当然、天気にも左右されます。例えば、風があれば通風によって快適になる状況でも、風がなければそのメカニズムは機能しなくなります。

そこで、アクティブデザインである建築設備の出番となるのです。エアコンなどの設備機器は、電気などのエネルギーを使って、居住者が必要なときに必要な環境を作り出すことができます。現代の建築は、パッシブデザインとアクティブデザインを上手に組み合わせることに

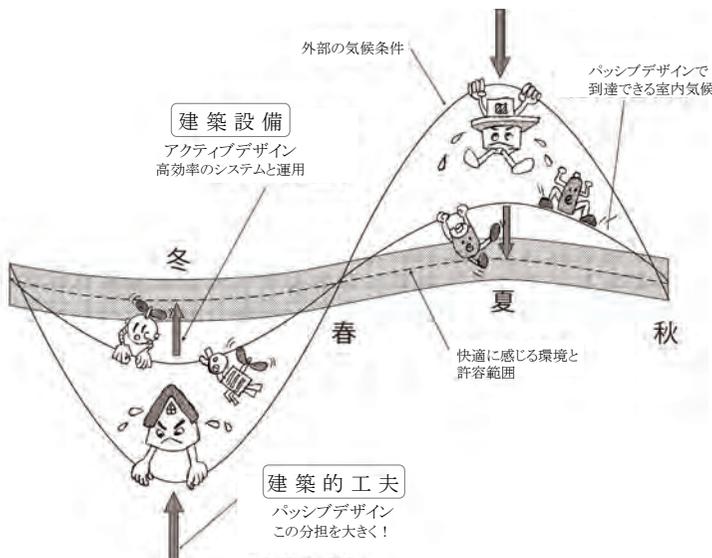


図 1.4 パッシブデザインとアクティブデザイン

*2 実用日本語表現辞典

(<http://www.practical-japanese.com/>)

化石燃料 (fossil fuel)

石油・石炭・天然ガスなどのこと。太古の昔の動植物などの遺骸が地中に堆積し、何億年という時間をかけて化石となった有機物のうち、私達人間が燃料として用いるものの総称です。

同じように木材などの生物由来の資源であるバイオマス (biomass) は、再生可能資源とされています。

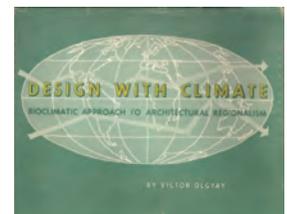
化石燃料もバイオマスも燃やせば二酸化炭素が排出されますが、バイオマスは生物が成長する過程で光合成により大気中から吸収した二酸化炭素を戻しているだけで、大気中の二酸化炭素は増えません。一方、化石燃料は何億年も前の二酸化炭素を現在の空気中に排出することになるので、二酸化炭素の量が増えてしまうのです。

自然のポテンシャル

自然に存在する太陽の光や熱、風、水、樹木や緑、地中熱などのことです。

図 1.4 の出典

V.Olgyay, Design with climate, Princeton Univ. Press, p.11, 1963 日本建築学会編：資源・エネルギーと建築、彰国社, p.133, 2004



『Design with climate』の表紙

よって、快適な室内空間を作っているのです。その2つの役割分担を図1.4に示します。

例えば、温暖な地域の気温を考えてみましょう。自然の状態では、冬の気温は低く、夏の気温は高くなります。当然、室内の気温も冬は低く、夏は高くなって不快な状態となります。これを、まず建築的な工夫（パッシブデザイン）で、冬の室内気温を高くし夏の室内気温を低くします。

例えば、冬は太陽の日差しが室内にたくさん入るように窓を大きくします。一方で、夏は太陽の日差しを遮るように庇を設置します。このような建築的な工夫によって、室内の一年を通した気温変化を小さくすることができるのです。しかし、これだけではまだ一年を通して、室温を快適範囲内にはできていません。そこで、次のステップとして建築設備を利用した工夫（アクティブデザイン）をします。例えば、エアコンを使って、冬は室温を上げ、夏は室温を下げて、年間を通じて室温を快適な範囲内におさめます。

このとき、エネルギーを使わないパッシブデザイン（建築的工夫）の分担をできるだけ大きくして、エネルギーを消費するアクティブデザイン（建築設備）の分担を小さくすることが大切です。そうすることにより、エネルギー消費を抑えた環境への負荷が小さな建築にすることができるのです。現在、建築に用いられる設備も多種多様な製品が売り出されています。建物に合った適切な設備を選び、効率的に運用することによって、持続可能性の高い建築となるのです。

このように光・音・熱・空気・水の5つの物理要素を、パッシブデザイン（建築的工夫）とアクティブデザイン（建築設備）の組み合わせにより、少ないエネルギー消費で快適な状態に制御していくことが環境的に優れた建築となるのです。しかし、環境的に優れているだけでは真に優れた建築とはいえません。真に優れた建築は、環境の視点だけでなく、計画・構造・材料・歴史の視点でも十分に配慮されなければなりません。これが建築の難しいところでもあり、また面白いところでもあるのです。

1.3 建築のエンベロープ

エンベロープとは、一般的には封筒や包装紙のように何かを包むモノ自体のことをいいます。エンベロープには手紙や物品などの内容物がある目的に応じて包むという機能が求められます。例えば、内容物を他人に見られないように包み隠す、内容物が壊れないように包み保

護する、贈り物を包み開ける楽しみ与える、などが目的として挙げられます。一方でパッケージデザインという言葉もあることから、エンベロープには包む機能だけでなく、美しさという側面も求められることがあります。

では、建築におけるエンベロープを考えてみましょう。建築にとって包まれる何かは内部空間になります。ですから内部空間と外部の環境との間にある、外壁、開口部（窓、扉）、屋根、床などの外周部分の構造体が建築のエンベロープといえます。建築ではエンベロープのことを外皮ともいいます。建築におけるエンベロープの目的は何でしょうか？ 居住者にとって安全・衛生・快適に過ごすことができる内部空間とすることが建築のエンベロープの主な目的となります。また他に、工場など生産の役割を担う建築物、美術館など保存の性能を要求される建築物では、その用途に適した内部空間にすることもエンベロープの目的となります。

居住者にとって安全・衛生・快適な内部空間とするためにエンベロープに求められる性能を考えてみましょう。図 1.5 はエンベロープに作用する各種要素を示しています。図中の矢印は、要素ごとの各項目に対してエンベロープに求められる性能を示しています。エンベロープを通過している矢印は、その項目の流れを妨げない、あるいは緩和・調節する性能が求められていることを示しています。通過していない、あるいは方向転換している矢印は、外部または内部において、その項目の流れを遮断する性能が求められていること

外皮
(envelope, building skin)

外皮性能

「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」では、エンベロープ（外皮）に求める性能は、熱の流れを遮断する性能（断熱性能）と夏に日差しを遮る性能（日射遮熱性能）としています。詳しくは2章で解説します。

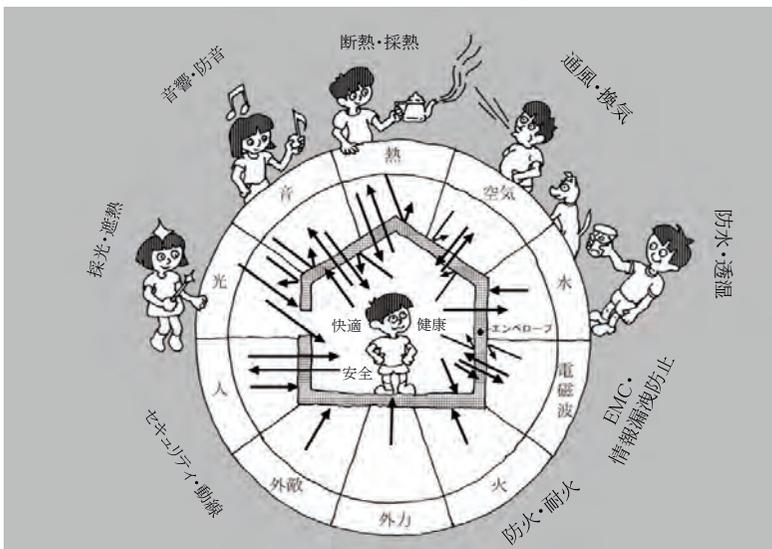


図 1.5 エンベロープに作用する各種要素

を示しています。

これらのうち光・音・熱・空気・水は、先ほど述べたように建築環境工学が対象とする5つの物理要素です。図1.5をみると建築のエンベロープに作用する要素は多岐に渡り、各項目に求められる性能も単純ではありません。建築環境工学は、建築の計画・設計や維持管理においてエンベロープの5つの物理要素の各項目に求められる性能について、建築のエンベロープ全体に求められる性能と調和した最適な解を導き出すことに応用されています。

エンベロープの5つ物理環境に関して求められる性能は、自然環境によって異なります。寒冷な地域や暑く乾燥した地域では、主に熱や空気の流れを遮断する性能が求められます(図1.6)。そのため屋根や壁を堅固な材料で固め、熱や空気の流れを少なくします。温暖な地域では、主に季節に応じて熱や空気の流れを調整する性能が求められます(図1.7)。そのため日差しは、冬に暖かく住むためには積極的に取り入れ、夏は涼しく住むために遮ります。また夏は積極的に風を取り入れ涼感を得ます。それらは**ヴァナキュラー建築**と呼ばれる伝統的な建築物が気候・風土によって大きく異なることから見て取れます。現代では、エンベロープの物理環境に関して求められる性能を、エネルギーを必要とする機械(建築設備)で対応することも可能です。持続可能な建築にとって、エンベロープはヴァナキュラー建築で培われた手法を発展させたパッシブデザインを基本として、効率の良い建築設備を利用(アクティブデザイン)することにより、求められる性能を満たしていく必要があります。

ヴァナキュラー建築
(vernacular architecture)

風土的または土着的建築物のこと。

自然環境(地形、材料など)を活用して、気候に適応した地域固有の建築物。

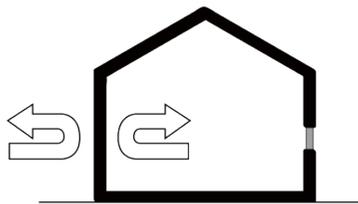


図1.6 熱や空気の流れを遮断する(寒冷な地域の住まい)

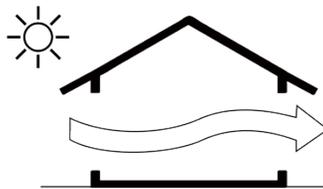


図1.7 熱や空気の流れを調節する(温暖な地域の住まい)

都市で住む場合と自然豊かな郊外で住む場合では、音や空気に関して求められる性能は異なります。都市の工場や商業施設、建設現場などで発生する不必要な音（騒音）を遮ることが快適な住まいでは求められます。一方、波の音や鳥のさえずりは自然や季節の変化を楽しむことができるので、それらの音を感じることで豊かな暮らしになるでしょう。爽やかな風や新鮮な空気は、積極的に取り入れたいですが、汚染された空気は健康を害するので、内部への侵入を極力抑える必要があります。また、窓や扉など開口部を工夫することで空気の調節を行うと、光や視線を調節することもできます。エンベロープに求められる性能は、立地により多種多様です。また居住者により、求める性能の重要度も異なります。エンベロープの5つ物理環境に関して、画一的ではなく柔軟な対応も必要といえるでしょう。

エンベロープには包む機能だけでなく美しさの側面もあることを、はじめに述べましたが、建築のエンベロープにも同じことがいえます。建築のエンベロープ（ファサード）には、美しさや象徴性といった審美的な要素も作用します。審美的な要素は、その文化が培った伝統に基づいており、エンベロープに求められる機能的な性能をすべて満たしていたとしても、その地域や都市に調和しないデザインでは景観を損ない、また伝統を継承することはできません。機能性と美観の両方を兼ね備えたエンベロープが建築には求められます。

1.4 環境を理解する

私達は外界の環境情報を感覚器官から取り入れ、それらの情報を統合・処理することで環境を理解したり評価したりします。この情報処理過程を表現する言葉として、**感覚**、**知覚**、**認知**という言葉がよく用いられます。これらを明確に区別することは難しいですが、大まかには処理過程の段階によって区別されます。感覚とは、外部の環境情報を**感覚器官**が刺激として受け取ることで生じるものを指します。皆さんも聞いたことがあると思いますが、人間の感覚を分類したものとして古くから「**五感**」という言葉があります。これは**視覚**、**聴覚**、**触覚**、**味覚**、**嗅覚**の5つの感覚を指していますが、それぞれを担当する感覚器官としては、眼、耳、皮膚、舌、鼻になります。それぞれの感覚器官が外部からの物理的的刺激を受け取り、脳でその情報が処理されることでそれぞれの感覚が生まれるのです。例えば、眼が光を受け取ると見えるという感覚が生じるということになりますし、耳が音波を受け取ると聞こえるという感覚が生じることになります。当然ですが、五

ファサード

(façade : フランス語)

建築物の正面部分のデザインのこと。通りや広場に面しているため建築物のデザインで重要視される。

感覚 (sensation)

知覚 (perception)

認知 (cognition)

感覚器官 (sensory organ)

五感 (five senses)

人間の感覚を分類するため、あるいは感覚全体を表すために古くから用いられてきた概念。現在でもよく使用される。

視覚 (sense of vision)

聴覚 (sense of hearing)

触覚 (sense of touch)

味覚 (sense of taste)

嗅覚 (sense of smell)

体性感覚
(somatosensory system)

温度覚
(sense of temperature)

感という言葉は簡単化しすぎているところがあり、皮膚を感覚器官とする感覚は**体性感覚**と呼ばれ、触覚の他に**温度覚**や**痛覚**があります。

感覚器官は、外部環境の物理的刺激を受け取ってその情報を脳に送るという役割を果たしています。ただし、それぞれの感覚器官は担当する物理的刺激の全ての範囲に反応できるわけではなく、種類や強さにおいて、ある限定した範囲内でしか反応できません。例えば、視覚を担当する眼は、電磁波のうち限られた範囲の波長を持つものだけに反応することができます。その範囲以外の波長の電磁波には反応できないため、感覚は生じず、この場合は見えないということになります。また物理的刺激の強さについても同様で、刺激の強さがある範囲よりも弱い場合には、感覚器官が反応できないため感覚は生じません。反対に物理的刺激の強さがある範囲を超えて強い場合には、感覚に痛みなどの不快感が伴ったり、感覚器官の機能が損傷して、一時的あるいは継続的に視力や聴力などが低下したりすることもあります。このことから、環境の快適性や安全性を高めることを目指すにあたっては、物理的刺激に対する感覚器官の反応特性を理解しておくことは重要だといえます。

それでは、物理的刺激の大小とそれによって生じる感覚の強弱との間にはどのような関係があるのでしょうか？ ご想像の通り、刺激量が大きくなればそれによって生じる感覚も強くなる（感覚量が大きくなる）ことは間違っていない。ただし、刺激量が大きくなれば単純に感覚量もそれに比例して大きくなるというわけではありません。

物理量と感覚量との関係については、以下に示す**ウェーバーの法則**があります。

ウェーバーの法則
(Weber's law)

ドイツの生理学者エルンスト・ウェーバー (Ernst Heinrich Weber, 1795-1878) は、重りを持ち上げる実験を行い、重さの感覚が変化するために必要な重さの変化は、重りが軽い場合に比べて重い場合により大きい必要があることを明らかにしました。もう少し詳しく言うと、重さの違いが区別できるようになる最小の変化(増加または減少)量は、重さに対してある一定の比の値となることを見つけ出しました。

$$\frac{\Delta S}{S} = K \quad \text{または} \quad \Delta S = KS \quad (\text{式 1.1})$$

ΔS : 違いを区別できる最小の刺激 (stimulus) 変化量

S : 元々ある刺激の量

K : 定数

この式が示していることは、物理的刺激がある刺激量 S から ΔS だけ変化すると感覚量も変化する（つまり、変化したと感じる）場合、これらの比が一定になることを示しています。例えば、質量と重さの感覚との関係を考えてみましょう。手のひらに質量が 100 g の重りが載っているときに、重りを徐々に重たくします。そして重りが

10 g 増えると初めて重たくなったという感覚が生じたとします。では、手のひらに質量が 200 g の重りが載っている場合には重りが何 g 増加すれば、重くなったと感じるのでしょうか？（式 1.1）と合わせて考えると、感覚が変化するには、元々の質量と変化量の比が 1/10 になる必要がありますので、重りの質量が 20 g 増加しなければ感覚に違いが生じないということになります。このように、人間の感覚は、物理刺激量の差ではなく、比に依存して変化するというのです。そのため元々の物理刺激量が大きい場合は、その変化量も大きくなければ感覚は変化しません。このウェーバーの法則は人間の様々な感覚に当てはまることが知られています。

また、ウェーバーの法則を発展させたものとして、以下に示すフェヒナーの法則があります。

$$R = c \log S \quad (\text{式 1.2})$$

R ：感覚量（反応 (response) 量）

c ：定数

S ：刺激 (stimulus) 量

ウェーバーの法則は感覚の変化が生じ始める物理量の変化について考えています。一方、フェヒナーの法則は、刺激量によって生じる感覚の強さを量的に表すことを考えています。図 1.8 は縦軸に感覚量をとってフェヒナーの法則を表したものです。左の図は横軸を物理刺激量そのもの（例えば物理測定機器の値）とした場合、右の図は横軸を物理刺激量の対数とした場合です。左の図から分かるように、感覚量が大きくなってくると感覚量に変化するにはより大きな刺激量の変化が必要になります。そして右の図からは物理量の対数をとった値が一定量増加すると感覚量も一定量増加することが分かります。このようにフェヒナーの法則は、感覚量は物理量の対数に比例することを示し

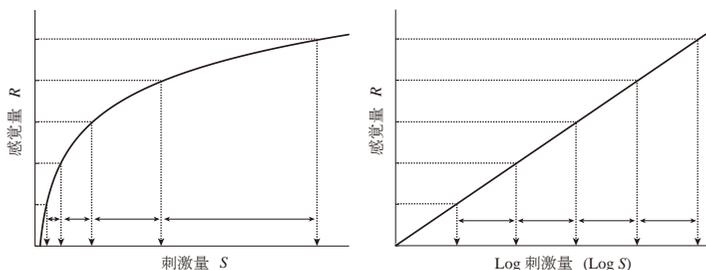


図 1.8 感覚量と刺激量との関係性

フェヒナーの法則

(Fechner's law)

ウェーバーの生徒であったグスタフ・フェヒナー (Gustav Theodor Fechner, 1801-1887) はウェーバーの実験結果を定式化し、ウェーバーの法則と名付けました。さらに、研究を発展させて、物理刺激の変化と感覚の変化との関係性を定量的に表すフェヒナーの法則を導き出しました。この法則をウェーバー・フェヒナーの法則と呼ぶこともあります。彼らの研究成果はその後の心理学や物理学、生理学に大きな影響を与えています。

スティーブンスのべき法則

(Stevens' power law)

物理量と感覚量との対応関係を表す法則として、その他にもスティーブンスのべき法則があります。これはアメリカの心理物理学者のスタンリー・スティーブンス (Stanley Smith Stevens, 1906-1973) が、多くの感覚次元において、感覚量と物理量との間に以下の式が良く当てはまるとして提案しました。感覚量は刺激量のべき乗に比例するというを表しています。べき指数 n は、例えば感覚次元が純音の大きさであれば 0.6、点光源の明るさであれば 0.5 とされています。

$$\Psi = kS^n$$

Ψ ：感覚量

k ：定数

S ：物理刺激量

n ：刺激や感覚の種類によって決まる指数

錯覚 (illusion)

外部環境の物理的情報を実際とは異なって知覚してしまう現象。不思議さや面白さを感じさせるとともに、知覚メカニズムの解明に役立ちます。「4.8.3 色彩の知覚と効果」に出てくる対比効果は錯視の一種ですし、以下のように環境のデザインに錯視を利用したものもあります。



京急電鉄羽田空港国際線ターミナル駅の錯視を利用したサイン

ています。

現在では、ウェーバーの法則にもフェヒナーの法則にも成立しない刺激範囲や感覚があることが分かっていますが、人間の感覚と物理的刺激との間に、量的対応関係が存在することを示したことには非常に意義があり、今でもその関係性を考える上での基本的概念となっています。例えば、5章で取り扱う音環境においては、音の物理量は感覚と一致しやすくなるように対数をとって表現します（詳細は「5.1.4. レベルとその合成」を参照）。また4章の光環境では、光の量の表現自体に対数値は用いませんが、明るさの基準値（推奨値や推奨範囲）は段階に合わせて対数的に変化するように設定されています（詳細は「4.2.3 推奨照度」を参照）。

外部環境の物理的刺激的情報の情報は感覚器官から脳に到達した後、様々な処理を経ますが、この過程において生じるもののうち、処理過程の段階が早いものから順に感覚、知覚、認知と呼ばれます。視覚を例に、光の下である対象物を見た場合を考えてみると、まず明暗や色という感覚が生じ、引き続いて形や大きさ、模様などが知覚されます。さらに、すでに持っている知識や記憶、概念などと照らし合わせて対象物が何であるのかといったことが認知されます。私達はこのような情報処理過程に基づいて周囲の環境を理解しているとともに、さらにはその環境が良いのか悪いのか、あるいは快適なのか不快なのかを判断しているわけです。

建築環境工学は、人間にとってより良い環境を計画することを目的としています。そのために環境の物理的特性を制御・操作するのですが、その際に指標とするのが、環境の物理的要素と人間の感覚・知覚・認知あるいは判断との対応関係になります。これらの間にどのような関係性にあるのかを知り、環境がどうあるべきかを考え、計画に活かすことが求められます。

これまでに環境の物理的要素と、人間の反応との対応関係について多くのことが明らかにされており、それらを本書で学んでいきます。しかし、決して環境と人間との関係の全てが明らかになっているわけではありません。人間の反応として定量的に抽出しにくいものや人による違い（個人差）が大きいもの、環境要素が複合された場合の反応などは課題として残されています。例えば個人差は感覚の段階から存在しますが、一般的に情報処理過程が進むほど大きくなる傾向があります。今後これらの必要性が高まるかも知れませんし、時代とともに求められるものも変わってくるかも知れません。建築環境工学を学ぶ

皆さんには、これまでの知見を基礎として、新しい環境の在り方を模索しその実現に挑戦をしてもらいたいと思います。

そのために環境を実際に体験する機会を多く持ってもらいたいと考えています。レイチェル・カーソンは著書『センス・オブ・ワンダー』で“I sincerely believe that for the child, and for the parent seeking to guide him, it is not half so important to know as to feel.”と、知ることは感じることの半分も重要ではないと説いています。さらに、感覚や感情が引き起こされた対象についてはもっと知りたいと思うようになる」と述べています。皆さんにも環境を感じ、考えることを通して環境をより深く理解してもらいたいと思います。そのことが建築環境をより良くすることにきっと役立つはずです。

1.5 環境とデザイン

1.5.1 アフォーダンスについて

「アフォーダンス」という言葉は、生態心理学、ギブソン学派の祖として著名な J. J. ギブソンがつくりだした造語です。語源は英語の「afford (提供する, 与える)」を名詞化したものです。三島らは、著書「複雑系の科学と現代思想 アフォーダンス」のなかで、「アフォーダンス」について以下のように定義しています。

「特定の有機体（群）が特定の環境内に生息しているとき、その環境の中の特定の対象（群）・事象（群）が、その特定の対象（群）・事象（群）との関係で特定の有機体（群）に対して提供する『行為の可能性（opportunities）』

有機体（群）とは認識する主体、すなわち生物や人間のことです。ここでは生命と呼ぶことにします。例えば、体重を支えるだけの十分な強度があって極端に傾いていない地表面があったとき、それは私達のような地上環境で生活する生命に対して身体を支えること、移動することをアフォードしていると例示しています。定義や例からもわかるように、アフォーダンス理論は、それまでの認識の理論が、認識する生命の能力を重視してきたのに対し、その生命の活動を支える環境の重要性を強調し、環境と認識主体としての生命との関係を考える立場なのです。

私達は、マングローブの森を見ればそこがどのような自然環境であるかを特定できます。逆に例えば「熱帯」など環境について特定するとその地域にどのような生物が生息しているのかについて概ね特定することができます。このことは、生命と環境が相互に深く関係して

『センス・オブ・ワンダー』
(*The Sense of Wonder*,
Joanna Cotler Books, 1965)

アメリカの海洋生物学者レイ
チェル・カーソン (Rachel
Carson, 1907-1964) の著書。
化学薬品による環境汚染問題
について記した著書『沈黙の
春』(*Silent Spring*) も有名。

生態心理学
(ecological psychology)



J. J. ギブソン
James Jerome Gibson
(1904-1979)

アメリカ合衆国の心理学者。生体心理学の領域を開拓。

『複雑系の科学と現代思想
アフォーダンス』

佐々木正人、松野孝一郎、
三島博之、青土社、1997

一体となった状態を形成していると考えられます。アフォーダンス理論はこの関係性の上に立脚しているといえます。

このように考えると、私達の身の周りの環境には、行為の可能性としてのアフォーダンスが溢れていて、我々の活動が支えられ、両者の関係が眼前に表象していると考えられます。こうしたアフォーダンスの考え方をデザインの世界で展開したのがD. A. ノーマンです。彼は、よくJ. J. ギブソンと語り合い、ほとんど意見が合わなかったと語っていますが、その通り「増補・改訂版 誰のためのデザイン？ 認知科学者のデザイン原論」に示すようにアフォーダンスの定義についても彼なりの解釈が加わったものになっているようです。

「アフォーダンスとは、モノの属性と、それをどのように使うことができるかを決定する主体の能力との関係のことである。」

彼らの相違は、環境に存在する行為の可能性を生命が取得する際、知覚によるのか、解釈によるのかの違いであったようです。ともあれいずれの定義とも行為の可能性をもつ環境と、それに支えられて活動する生命の関係性を重要視している点では共通しています。

現代において、生活者は、こうしたアフォーダンスを十分に活用しているといえるでしょうか。この問題は、マズローの欲求の5段階説のように、様々な段階を想定して整理する必要があるようです。例えば、私達は階段の形状から登り、あるいは降りることをアフォードされているといえます。この例は、生活者が安全を担保するためのアフォーダンスといえるでしょう。では、風鈴はどうでしょうか。風鈴は、風によって風受けが反応し動くことで、舌と呼ばれる部分に鳴子が衝突し音が鳴ります。このことは音が風の存在を知らせてくれるわけですが、さらに涼感や美観を感じる生活者も多いのではないのでしょうか。階段も風鈴もアフォーダンスにおける環境側の一要素として考えられますが、前者は安全性、後者は快適性に応える点が異なります。アフォーダンスの観点からデザインの可能性やその広がりについて考える時、環境について工学的視点から深く学ぶことは、人間という生命の安全を担保するデザインや、快適性に応えるデザインといった多様なデザインを実現する可能性を拡張することだと考えられます。

また先述のJ. J. ギブソンは、アフォーダンスにおける不変性について次のように述べています。

「ある対象のアフォーダンスは、観察者の要求が変化しても変化しない。観察者は自分の要求によってある対象のアフォーダンスを知覚したり、それに注意を向けたりするかもしれないし、しないかもしれ

D. A. ノーマン

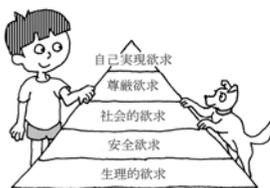
Donald Arther Norman
(1935-)

『増補・改訂版 誰のためのデザイン？ 認知科学者のデザイン原論』

D. A. ノーマン著 岡本明、安村通晃、伊賀聡一郎、野島久雄、新曜社、2015

マズローの欲求5段階説

米国の心理学者アブラハム・マズローが「人間は自己実現に向かって絶えず成長する生きものである」と仮定し、人間の欲求を5段階に理論化したものです。人間には5段階の「欲求」があり、1つ下の欲求が満たされると次の欲求を満たそうとする基本的な心理的行動を表しています。



ないが、アフォーダンスそのものは、不変であり、知覚されるべきものとして常にそこに存在する。アフォーダンスは、観察者の要求や知覚するという行為によって対象に付与されるものではない。」

つまりアフォーダンスは、環境に常に存在し、しかも観察者の行為によって変化するものではないと述べているのです。またそうであるならば、環境には不変的で、かつ様々な観察者がそれぞれに異なった行為の可能性を見出す多様な側面が存在すると考えられます。例えば、路傍に1つの切り株があるとします。切り株の切断された平面は、歩行者には座ることをアフォードしているし、鳥にとっては道路に落ちている落ち穂を捕食するための着地台であることをアフォードしているのです。

これらのことから、アフォーダンスという視点から環境とデザインの関係を考えるとき、次のようにまとめることができます。第1に環境について工学的視点から深く学ぶことにより、人間の様々な要求に答えるデザインの可能性を拡張することができます。第2に、アフォーダンスは不変的で多様な行為の可能性の宝庫ですが、観察者がすべてを気づくことは困難です。そこで観察者にこれらの可能性のうちのいくつかの項目に対する気づきを与えることがデザインのひとつの役割だと考えられます。

1.5.2 アフォーダンスとデザインの質

デザインに求められることとして、アフォーダンスに対する気づきを与える方法の質という問題も重要です。写真1.1、写真1.2は、いずれも桂離宮の飛び石、敷石と呼ばれるものです。飛び石、敷石とは庭園内を渡り歩くために地面に配された石であり、密度によって呼称が変わるようです。これらは、もちろん歩行者の安全を確保することが第一の目的ですが、さらに経路をアフォードする側面もあります。先述のデザインに求められる方法の質という観点からすれば、写真1.1、写真1.2は大きく異なります。写真1.1の御輿寄前庭畳石は、かなり明確に経路を示しているのに対し写真1.2の古書院への七五三石は、大変緩やかに行く手をアフォードしているといつてよいでしょう。前者のデザインを極端にすると写真1.3のような道路サインとなるでしょう。このようにアフォーダンスに対する気づきを与える質はデザインによって多様に変化させることができるのです。

桂離宮

京都市西京区桂にある皇室関連施設。江戸時代の17世紀に皇族の八条宮の別邸として創設された建築群と庭園からなる。総面積は約69000㎡。

参観には事前申し込みが必要。



写真 1.1 御興寄
前庭置石



写真 1.2 古書院への七五三石



写真 1.3 道路標識

写真 1.1～写真 1.3 は石松丈佳撮影

ナッジ理論

2017年に、シカゴ大学の行動経済学者リチャード・セイラー教授がノーベル経済学賞を受賞したことで世界的に広まりました。企業のマーケティング戦略で利用される他に、イギリスやアメリカでは公共政策にも使われています。

この気づきを与える点は昨今注目されているナッジ理論に類似する印象があります。ナッジ (nudge) とは、直訳すると「肘でちょっと突く」という意味で、何かを対象者に提示するだけでなく、行動に至るきっかけを提供しようとするものです。もう少し詳しく説明すると、ナッジ理論のベースにあるのは、「人間は情報や感情に流されて動く」という原理です。つまりある状況で「肘でちょっと突く」ようなデザインがあれば、対象者はそのデザイン（情報）に促されて行動するというものです。アムステルダムの空港で小便器に1匹のハエを描いた事例は有名です。その結果、トイレの床を汚す人が少なくなり、清掃費は8割減少したそうです。これは「人は的があると、そこに狙いを定める」という分析結果に基づいて、小便器を正確に利用させたナッジ理論です。

ナッジ理論がアフォーダンスにおけるデザインとどう違うのでしょうか？ ナッジ理論とアフォーダンスにおけるデザインは「気づきを与える」点で共通していると思います。しかし重要な違いのひとつは、これまで述べてきたように、アフォーダンスの観点から見たとき、環境は可変的で多様な行為の可能性の宝庫であり、行為の可能性の元となる環境要素について認識し深く学ぶことが肝要であるという視点です。本書では、この点を深く意識し、工学的視点から環境に対する知識と理解を深め、人間の様々な要求に答えるデザインの可能性を探り、さらにデザインを通して環境における多様なアフォーダンスに対する気づきを与える契機としていただきたいと思います。

■ 建築家に聞く、環境と建築デザイン

第一線で活躍する建築家の米澤隆さんは、建築を設計する際に、環境をどのように捉え、そしてどのようにデザインに活かしているのか聞いてみました。



『福田邸』(2013)

所在地／岐阜県関市，家族構成／夫婦＋子ども1人，構造／木造2階，敷地面積／181.82 m²，
建築面積／71.01 m²，延床面積／109.10 m²

Q：この住宅の設計で重視した点は何ですか？

A：「家族一人ひとりの空間として2階の東西南北それぞれに面した個室を作り、それらを大きな屋根で1つに結び付けて、家族の一体感を感じられるようにしました。1階は周辺に住んでいる人達との交流が生まれるように開放し、日本の伝統的な空間を意識して、庭、土間、縁側が連続する空間にしました。実は、この住宅にはちゃんとした玄関はないんです。周囲に廻らせた縁側から、どこからでも入れるんです。すぐに近所の子供達が遊びに来るようになり、そして、子供に連れられて親御さん達も来るようになって、自然に地域との交流が始まったそうです。」

Q：では、この設計で環境の視点から配慮したことはありますか？

A：「はい、この建築の特徴である大屋根は、一階部分への日射のコントロールを意識しています。大屋根は夏の日差しは遮り、冬の日差しは取り入れるように軒の高さや出を設計しています。逆に、大屋根から突き出た個室は、自然の太陽や景観をそのまま感じられるように計画しました。4つの個室それぞれが、東西南北の各方位に面することで、光や日差しの入り方が変わりますし、部屋からの眺めも変わります。各部屋の環境に応じてご家族に好きなように暮らしてもらおうと考えました。実際に、夏は朝日が入る東側の部屋、冬になると日差しがたくさん入る南側の個室を寝室にしているそうです。季節によって部屋を変えて住むことで自然に寄り添った暮

米澤隆 (1982-)

建築家, 大同大学准教授.
名古屋工業大学 博士後期
課程修了, 博士 (工学).
一級建築士. 主な作品: 『公
文式という建築』(2011),
『福田邸』(2013)など. 『JCD
デザイナーアワード2012 金
賞』, 『日本建築学会作品選
集新人賞2015』など, 受賞
多数.

