

2002 年度修士論文

住宅デザインにおける生物学的プロトタイプの研究

Study on the biological prototypes in housing design

渡辺 直子

Naoko WATANABE

目次

序	1
Part I 「有機主義」の生物学的評価	2
1. 形態的類似	
2. 機能的類似	
3. 生物学的類似	
4. 有機主義ダイアグラム	
Part II プロトタイプ	22
5. プロローグ	
ケーススタディー	25
6. 風の家	
7. 太陽の家	
8. 木の家	
9. 水の家	
10. 地形と家	
11. 植物と家	
12. 木陰モデル	
13. 日影シミュレーション	
Part III 展開	65
14. 相互作用（他感作用）	
15. 生態相関図 Eco-Circle	
Part IV 設計	72
16. 再モデル化	
17. アレロパシーモデル	
18. 住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ	
19. 実設計	
設計コンセプト	
○ 周辺敷地図（等高線地図）	
○ 敷地図	
○ 平面図（1,2階）	
○ 立面図	
○ 断面図	
○ 日影図	
○ 緑被図	
考察	113
あとがき	114
謝辞	115
参考文献、引用文献	116

序

20 世紀末ポストモダニズム以降、建築においては様々な形で“多様性”というものが求められている。その中で都市においても住居においても“エコ思考”という一つの風潮があるのも特徴である。今求められていることは、デザインの多様性と生態系という総合的な観点から住環境を見直すことであると考ええる。そこから生態系、地域性、多様性というキーワードを挙げるができる。本研究はこれらのキーワードをデザインという形で視覚的にいかに表現するかという実験的試みをしている。そのなかで《生物学的プロトタイプ》という一つの言葉に注目してみた。

生物学的プロトタイプとは、著書“生きのびるためのデザイン”でヴィクター・パパネックが唱えた言葉であり、人工的・総合的な系のデザインのために生物学上の原型（プロトタイプ）を利用しようというものである。自然の中にある基本的な原理を研究し、そうした原理と生成過程を人間の諸要求に適用してゆくことを目的としている。そこでいうデザインとは、いわゆるものづくりデザインではなく、地球環境と人間との間に生まれる相互作用の中で生まれる生物学的（生態学的）デザインである。

このパパネックの議論をもとに、住環境を中心とした生態的・総合的な系のデザインの原型（プロトタイプ）を導き出そうというのが本研究の趣旨である。

生体工学の理論を元にパパネックが論じた《生物学的プロトタイプ》という言葉を用い、さらに建築生態学での議論に置き換えるために、これを《住宅デザインの生物学的プロトタイプ》と呼ぶことにする。

本研究を行うにあたり、人間とそれを取り巻く環境の相互作用を探り、生態系の構造と機能を明らかにする建築生態学の分野と、パパネックが論じるデザインを融合し、総体的相互作用をもつ住環境の創造のために、まず住宅デザインの生物学的原型を探ることを所論とする。建築生態学の中で、特にリヒャルト・J・ディートリッヒの理論を用いて、生物学的相互作用を展開していく。このとき総体的相互作用をもつ住環境の延長である地域性をデザインにすることができるのかという仮説的推論に基づいて研究を進めていく。

Part I . 「有機主義」の生物学的評価

まず本研究の方向性を探るため、生物学的観点から見て生物・生命現象を対象として創造した側面をもつ建築を探し、分類する。さらに有機主義からエコ主義にまでつながる流れを生物学的というはかりで評価する。

有機主義の評価をするにあたり、有機主義と有機的建築を定義しておく。
ここでいう有機主義とは、自然や生物を手本として、その性格や性質を取り入れようとする試みをいう。有機的建築とは、有機体としての自然を自ら建築のモデルとする概念のもとに形づくられる。それは生物学的観点に基づき、生命における機能的相互関係を強調するものである。

以上のことをふまえ、有機主義を大きく分けて3つに分類する。

1. 自然や生物により近い形態的性格を示す。2. 自然や生物の現象のなかにある作用を取り入れる。3. 自然や生物の現象をそのまま生かし、その環境の中での相互作用を取り入れようとするものに分けられる。

これらをそれぞれ生物学的にみて 1. 形態的類似 2. 機能的類似 3. 生態学的類似として評価する。

1. 形態的類似

形態的類似は、生物学的には形態の持つ“象徴性”を利用したのであり、造形過程において類比操作による形態の源泉を間接的に利用した有機的形態として“形態のアナロジー”と認識されている。

自然や生物により近い形態的性格である有機的要素を持ち合わせたのは、19 世紀末から 20 世紀初頭に起こったアール・ヌーヴォーに始まる。18 世紀半ば、産業革命後の鋳型の複製技術と新建材の発明による自由な形の表現は、曲線曲線の流動的美を生んだ。アール [ART 芸術]、ヌーヴォー [NOUVEAU 新しい] は“新しい芸術”の創造を目指し、その対象として生物や植物の形態を源泉に見出した。この新しい表現はそれまでの歴史主義

に変わる新しい様式を探る段階として曲線的装飾様式を示している。このような生物モチーフ主体の曲線的装飾様式は、ミュンヘン、グラスゴー、ウィーン、バルセロナへと影響を与えた。



植物をモチーフにしてつくられたパリ・モンマルトルのアベス駅入り口のデザインは、鋳鉄による曲線を使って組み立てられた例である。その他エクトール・ギマルデザインがドフィーヌ駅、バスティーユ駅などにもあり、鋳鉄で組み立てられた工業素材とは思えないような有機的形態をしている。

アール・ヌーヴォーが起こってからおよそ 10 年間しか盛期が続かなかったのは、堅固な構築性や機能に基づいた合理性にかけ、そのデザインは個人主義を反映していたために後に反動を呼び、反装飾主義を生んだからである。

しかし装飾的要素が強かったとはいえ、歴史主義・伝統主義からの離脱という役割を果たしたことは大きい。また生物学的モデルが建築に取り入れられたことで、有機的形態が生まれる転機となった。装飾＝有機的ではないが、歴史様式からの抜け出すなかで新しい芸術表現を自然の中に見つけ出したことは重要であり、さらにそれが新しい技術（材料）と結びついたという点でも、その功績は大きい。そして新しい表現を自然の中に求める姿は、アール・ヌーヴォーが衰退して以降も変わることはなかった。

アール・ヌーヴォー以降の動きは、表現主義的建築と抽象的な建築という二つの流れを見せている。表現主義はアール・ヌーヴォーに見られた曲線美を残しながら独自の表現を見出そうとしたが、手間やコストなどの関係からその流れは薄れていった。それに代わりピカソのキュビズムの影響を受けた抽象的造形の流れが時代を中心となっていった。

ここで生物学的にみる形態的類似として、いくつかの例を挙げていく。

近代建築として知られるフランク・ロイド・ライトのジョンソン・ワックス本社ビル（1936 年）内部は、上部が円形の睡蓮を連想させる柱が並び、その隙間から差し込む光は水面下を感じさせる。この形態は建物と直接的な関係があるわけではなく、類似的造形表現を用いることで、室内の空間を水面下にあるかのような効果をもたせている。

ポスト・モダン建築であるヨーン・ウォッツォンによるシドニー・オペラハウス（1957

～1974年）は、帆走するヨットのアナロジーにより造形され、シェル構造のある特徴をもつ。Fariburz Sahba によるバハイ教の礼拝堂（1986年竣工）では、シェル構造からなるハスの花をイメージした外観をもち、エーロ・サーリネンによる TWA ターミナルビル（1961年）は、飛び立とうとする鳥の形態をもとに類似的造形がなされている。

ガウディのサグラダ・ファミリア（1882年～）に見る内部は、自然界にある法則性を導き出し建築に活用したもので、樹木の枝に似せた形態は自然の森を模倣として造形している。ガウディ建築の研究者であるジョルディ・ボネット氏によると「ガウディの造形は、自然の観察を発想の源として、（12進法による数式を中心に）数学的な比率を展開し、必然的な造形をフラクタル的に生み出したものである」と言っている。ガウディ建築は単なる形態の類似のみではなく、自然の中に存在する比率を自ら導き出して造形したという点でより合理的である。

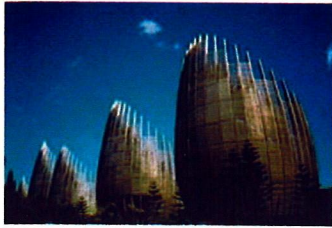
またカサ・バトリヨ（1904-1906）においては、“サン・ジョルディ（カタルーニャの守護聖人ゲオルギウス）と悪龍退治”の伝説を表現しているという。屋根は悪龍の背を、白い十字架はサン・ジョルディが龍と戦ったときに持っていた縦に刻まれた十字をしめす。壁は波状に、そしてタイルを埋め込み地中海が表現され、バルコニーは龍の頭蓋骨を、そしてファサードは龍の骨と内蔵が表現されている。

20世紀モダニズム建築であるレンゾ・ピアノによるチバウ文化センター（ニューカレドニア）は、籠を編んだような独特の外観で、カースというカナックの民家に似せた独特の形態をしている。それは伝統文化の象徴であり、歴史性、地域性の見直しを図った作品である。その他出雲大社庁舎は出雲地方で使われる稲かけからその形態を得ており、ミュンヘンのBMW本社ビルは、自動車会社を象徴する4気筒エンジンの形態をしている。

この中には必ずしも生物学的モデルを源泉にしたものが含まれるわけではないが、形態のアナロジーとして象徴性をもたせ、有機的要素である曲線美を強調した形態を表す点でより近い要素を示している。

有機主義の流れとして、その中で直接的に形態をモチーフにするという方法から、形態の原理を象徴性として意味をもたせ、間接的に使っていくという方法に変わっている。

鉄・ガラス・コンクリートによる表現の自由は広がったが、折衷主義からの脱却を掲げていたそれは、逆に有機主義よりもむしろ装飾を否定した機能主義へと傾いていた。



Renzo Piano
Centre Culturel Tjibaou
1998



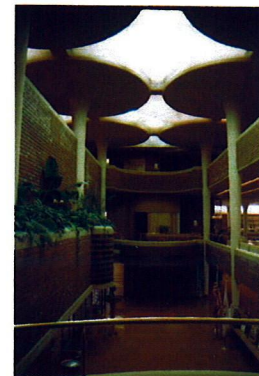
Eero Saarinen
TWA
1961



Jørn Utzon
Sydney Opera House
1974



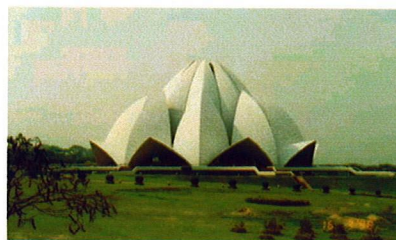
Hector Guimard
Accès des Stations de Métro Porte Dauphine
1903



Frank Lloyd Wright
Johnson Wax Administration Building
1936



Kiyonori Kikutake
A government office
building of Izumo Shrine
1986



Fariburz Sahba
Bahai House of Worship
1986



Antonio Gaudí
Sagrada Família
1883~



Antonio Gaudí : Casa Batlló ,1904-1906



Karl Schwanz
BMW Administration Building , 1973

Photo I -1

2. 機能的類似

機能的類似とは、生物学的には自然の生物、植物の中にある特性として備わるはたらきや、仕組み全体の中に見られる作用を、建築の中に作用する特定の機能として用いようとすることをいう。

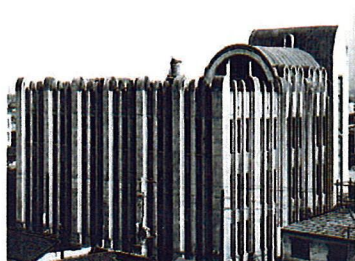
Part I.1での形態的類似の流れは、アール・ヌーヴォーに始まり表現主義的な流れへと移っていったものの、19世紀末から20世紀初期に現れたゼツェッション（ウィーン分離派）の動きにより一時中断された。古い様式にとらわれない幾何学的形態の構成と、用と美の調和を目指した実用主義とを兼ね備えたこれら分離派の動きは、その後のモダンデザインを生む足掛けとなった。エーリッヒ・メンデルゾーンのアインシュタイン塔（1919年）に見るような表現主義の流れを汲んだデザインの影響もしばらくは大きかったものの、1917年からオランダで起こった抽象主義運動デ・ステイル、ロシアの構成主義といった抽象主義的観点から再び装飾が否定され、完全なる歴史様式からの隔絶を果たした。

1925年アメリカで花開いたアール・デコは、流線形、ジグザグ模様、階段状の繰形など幾何学形態を建築に用いた。アール・ヌーヴォーに続く新しい装飾様式を再び現すかと思われたが、1920代末にはその姿を消した。アール・デコはアール・ヌーヴォーのような有機的自由曲線ではなく、直線と円弧の組み合わせによる幾何学性をその特徴としたことで、形態の類似性は残すものの、生物学的有機性は既に影をひそめ、単なる装飾芸術へと変わっていった。

ドイツでは1919年から絵画、工芸などの芸術活動を建築に活用しようとしたバウハウスがその主流を、そして1920年代後半から1930年代前半にかけて統合されたインターナショナル・スタイル（国際様式）と続く中で、鉄、コンクリート、ガラスといった工法的合理性により箱型建築の定式化が確立した。

日本でも1920年、日本初の建築デザイン運動グループ“分離派”が結成されている。ヨーロッパの流れをくんだ伝統的様式建築や、過去の建築様式から分離した新たな建築づくりを目指していた。主にドイツ表現主義建築（アインシュタイン塔、ガラスハウスなど）の影

響を強く受けているため、曲線・曲面を多用した建築が多く造られた。例えば初期分離派メンバー、山田守の東京中央郵便局牛込分局や、東京中央電信局などにそれがよく現れている。



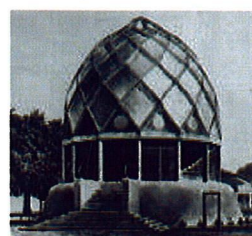
東京中央郵便局牛込分局
山田 守
1922



東京中央電信局
山田 守
1925



アインシュタイン塔
Einsteininturm Erich
Mendelsohn
1921



ガラスの家
GlassHouse
Bruno Taut
1914

表現主義は個人主義によるところが大きかったため、共通したデザイン様式というものとは存在しなかった。自由な造形は新しい技術と素材があって初めて実現し、その成功が新しい理念を生んだのである。表現主義は新しい素材を最大限に生かして造形し、かつ個人独特の表現方法を実現するという目的で生まれたのであり、有機主義とは違うものではあるが、その理念を支えるための先駆けとなったといえる。

その後の分離派の動きは、コルビュジェなどのモダニズム建築（インターナショナル・スタイル）の波にのまれ、幾何学化した機能主義へと移っていったのである。

このような歴史の動きの中で再び生物学的モデルが現れたのは、インターナショナル・スタイルのもとでその主導権を握ったル・コルビュジェ、フランク・ロイド・ライト、この二人の建築作品のなかに、その要素の一端を見ることができる。

コルビュジェは“近代建築の 5 原則”（ピロティ、自由な平面、自由なファサード、水平連続窓、屋上庭園）に加えて、太陽と風を思想に入れたブリーズ・ソレイユ（brise-soleil）をユニテ・ダビタシオン（マルセイユ、1945～52 年）の集合住宅で実践した。これは自然

の作用を建築に取り入れたはじめてのデザインだった。ブリーズ・ソレイユは日除けの意味をもつが、植物が葉で陰を作るように、前に突き出た庇で建物に影を落とし、日の光を操り、風を取り込む皮膜のような役割をするそれは、作用的には自然界の現象を取り入れた生物学的モデルといえる。

コルビュジェは機能主義を掲げながらも、一方では太陽・風・緑といった自然を取り入れようとする試みも行った。機能主義でありながらも極めて自然的有機主義に近い要素をもっていた。ただコルビュジェがその側に寄りきれなかったのは、機械時代を賛美し、非個人的で幾何学的な美を理想としていたことから分かる。

一方アメリカでは、フランク・ロイド・ライトが自然主義を前面に出した有機的建築を確立させていた。水平線の強調と自然の地形との関係の中で、流動的形態の流れを表現した。それは植物の根から幹・花・実という形態の流れを、建物の構築における手本とし、“内部から外部に向かって調和をもって展開する建築” “すべての部分は全体に関係し、全体は部分に関連する” という有機性を建築に取り入れようとする試みであった。1935年のカウフマン邸（落水荘）でそれをみることができる。流れる滝の上に突き出るように構築された建築は、周囲の景観と完全に融和し、大地と平行な平面の自由な広がりにより水平面を強調することで、自然と調和のとれた場の創出を演出している。このような表現は、“建築は自然と共存しなければならず、人間もまた自然の一部である” というライトの思想から表れたものである。

この主義の異なる二人の建築家の作品には、晩年にある要素をもった共通点を見出すことができる。それはコルビュジェ、ライトが見せた「建築の彫塑的表現への移行」である。コルビュジェのロンシャン教会（1950～54年）では、それまでの機能的な合理主義の傾向はなく、彫塑的デザインがもたらす合理主義を用いている。その根本に生物学的根拠があるわけではないが、コルビュジェの作品に有機的建築と呼べるものが現れたという意味では興味深い。ロンシャン教会においてコルビュジェは、「建築的景観」という言葉を用いている。建築的景観は“すでに建築的に構成される外部、つまり外部は内部である” という言い方をしており、自然的環境の敷地と建築的形態とが重ね合わさったことで、そこに普遍的な秩序が

生まれたのだといっている。この自然的環境という敷地との関係を要素に取り入れたという点で、ライトが建築に用いた有機的手法と共通している。このためロンシャン教会はより有機的外観を持つのだといえる。

ライトの有機性は敷地と深く結びついており、“有機的建築は敷地から生まれるのであり、大地自体は常に建物自体の一部を構成する基本的な部分”なのである。そのライトも晩年の作品では、これまでと違った要素をもった建築を造形している。1959年竣工、ニューヨーク市のグッゲンハイム美術館でそれを見ることができる。その形態は渦巻き型の巨大なオブジェをしており、内部は螺旋経路をもち頂部が光に満ちて、大吹き抜けをもつ。それまでは自然と調和のとれた場の創出と建築における水平線を強調していたが、ニューヨークの町中にあるグッゲンハイムでは、それ自体がむしろ自然化・生物化した形態を有しているように思われる。この螺旋状の形態は、彫塑的表現を造形化したオブジェであり、構造の造形性と空間の連続性という有機的概念を満たしている。

この点でグッゲンハイムはライト作品の中でもより有機的であり、建築自体がそれのみで有機性をおびているという点で、より生物学的モデルに近いのである。つまりライトの有機主義は自然と近いところにあるとき、内から外に広がる動きを見せるが、町中のようなところでは内側に抑えた流動的動きをもつ。逆にコルビュジェは都市においてより機能的になる、ロンシャンのような自然の景観をもつところでは、彫塑化した有機性をおびたのである。生物学的要素をもつ有機主義は、その意味を微妙に変えながらも常に歴史の中で繰り返し再生し、さらに機能主義と有機主義とを近づけた媒体としても存在している。主義の異なる動きも、互いの影響を感じながら歩み寄る距離を探り合っているのかも知れない。

1960年、日本では黒川紀章の提唱した“メタボリズム”が建築運動の先端をいていた。メタボリズムは新陳代謝を意味し、“建築や都市は閉じた機械であってはならず、新陳代謝を通じて成長する有機体であらねばならない”という運動を展開した。具体的には建築部分を細胞のようにたとえ、その細胞が衰退・破壊された場合その部分だけを取り替えることで建築の新陳代謝を図ろうとしたもので、建築の中に可変的空間の可能性を追究している。東京、中銀カプセルタワービル (Nakagin Capsule Tower Building) では、メタボリズムの結晶を

見ることができる。それはまるで細胞が増殖するような生命体を感じさせ、その結果現れた形態は有機的建築として認識されている。

またメタボリズムに近い形態表現をもつものとして、1984 年建設のデンボッシュ (Bolwoningen) の球形住宅が挙げられる。これはドリス・クレイカンプ (Dries Kreijkamp) の設計によるもので、平面は正三角形のグリッドを繰り返し配置した有機的表現であり、その形態はマッシュルームが森の中に生え揃っているかのように球形の頭部をもった建物が不均等に配列されている。カプセルタワーのような増殖のイメージはないが、同質の建築がいくつも配された印象は有機的なものになっている。

メタボリズムに見るような形態表現は、生命体の増殖をもとに展開される現象をそのまま表現しており、生物学的には機能性の類似といえることができる。

このように見ると、機能的類似という有機的表現の中に二つの流れがあることが分かる。ライトのいう有機的建築と、黒川のいう有機的建築ではその意味するものが全く違う。生物学的に例えるならば、一方は受動的・植物的（自然的）要素をもち、他方は能動的・動物的要素をもつ。

動物的要素をもつメタボリズムは、生命体の細胞のシステムを表現方法として用いたのであるが、それが増殖を生む課程で画一的形態を示すのに比べ、植物的要素をもつそれは、個別的・個性をもった変化を生むのである。この点でこの二つの傾向は、圧倒的にその意味を逆にする。有機的建築は、その意味を少しずつ変えながら時代の中に存在しているのである。黒川のカプセルタワービルを動物的というならば、ライトのカウフマン邸は自然的であり、グッゲンハイムやコルビュジェのロンシャンは彫塑的、有機的建築を合理性のもとで追究したアルバ・アアルトのそれは風土的なのである。言ってみれば表現に可変性をもっており、そのもの自体が個性的なのである。

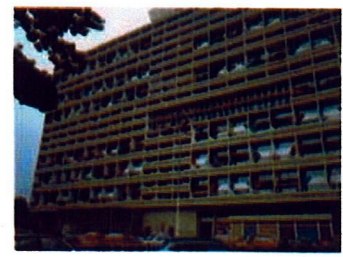
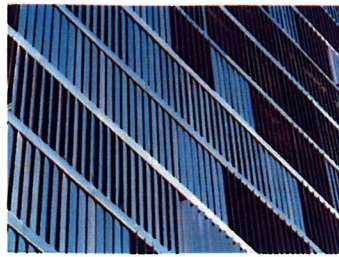
しかし黒川のメタボリズムは特殊であったといえるかもしれない。有機的ではあるが、生命現象をそのまま形態に置き換えるという表現は、建築にはたらく作用の結果として現れた形態というよりも、不可分の統合という有機的要素を視覚的に感じさせようとしている。この表現は、無限大に広がるかのような繰り返し効果が、見る側にとって無秩序の混乱を与えるのである。このような動物的要素はメタボリズム以降見ることはなく、植物的要素をもつ

たものが、その後生態的要素をもった表現へと変化していくのである。もともと黒川もメタボリズム後、“共生の思想”という自然との共生の動きへと転換していくのではあるが・・・。

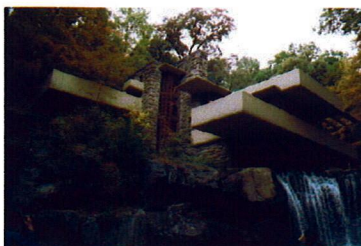
黒川紀章に関していうならば、「機械の時代から生命の時代へ」というものから「生命の原理の時代へ」と思想が変化している。それはメタボリズム（新陳代謝）、循環（リサイクル）、共生からエコロジー（生態系）へと移り変わっていく変化を示唆している。共生（シンビオシス）とは黒川が 1960 年頃定義した言葉で、個だけでは到達できない創造を共有して互いに実現することのできる相互の関係をいうもので、それは互いが互いを必要とする対等な関係である。この共生の思想はその後の生物学的モデルの中核をなし、さらに生態系を取り込んだ環境という視点が加わることとなる。



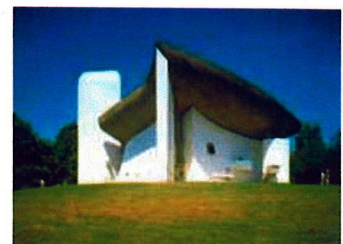
Le Corbusier
Brise-soleil



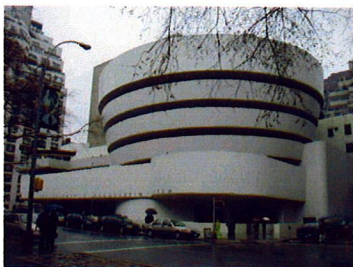
Le Corbusier
Unité d'habitation de Marseille
1952



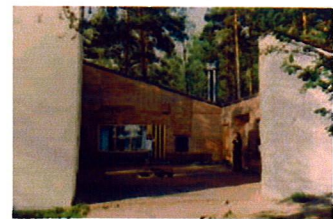
Frank Lloyd Wright
Kaufmann House
1936



Le Corbusier
Chapel at Ronchamp, France
1956



Frank Lloyd Wright
Guggenheim Museum
1959



Alvar Aalto
Muuratsalo Experimental House
1953



KishouKurokawa
Nakagin Capsule Tower Building
1972

Bolwoningen
Dries Kreijkamp
1984

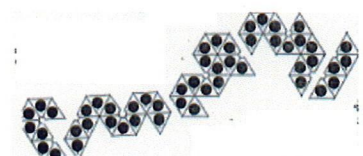
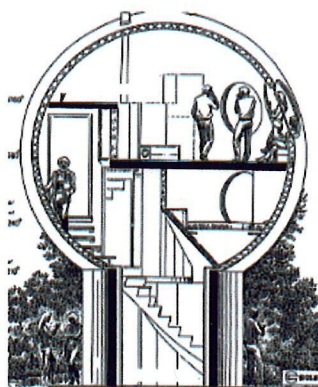


Photo I - 2

3. 生態学的類似

生態学的類似とは、生態系や自然の中で見られる作用・現象をそのまま生かし、その環境の中での相互作用を取り入れようとするものをいう。生物と生態系、また共に生活する他の生物との関係をもとに、生態系の相互作用を住環境に取り入れることで、住環境そのものを生態系の一部として機能させようとする試みをいう。

Part II.2 の機能的類似に見る有機主義は、ライトの自然主義、コルビュジェの機械主義から生まれた有機性、黒川紀章らのメタボリズムという様々な変化を見せた。その後 1960 年頃黒川が定義した“共生の思想”[本質的な矛盾、対立があり、しかし相方が相方を必要としている関係]で、環境との共生というキーワードが建築の中で高まりつつあった。

1982 年に埼玉県立美術館で建築と自然（公園）との共生を実現させたのを始めに、その後いくつもの美術館や博物館、スタジアムや空港、都市計画にまでその思想を進めている。同じく 1960 年代末から西ドイツ、オーストリア・ドイツ圏で、建築生物学・建築生態学（Baubiologie）が生み出された。建築生物学は、生物学的・社会学的という幅広い分野を総合的にみるものであるが、建築生態学では人間の人工システムと自然のシステムの調和を求めることに目的を置いている。ドイツの建築生態学者であるリヒャルト・J・ディートリッヒは、人間・住居・周辺環境にみる生物学的相互作用を要素別に分析することで、その効果のプラスマイナスを明らかにすることの必要性をダイアグラムで説いている。

1970 年代には建築とエコロジーの合成語であるアーコロジー（環境建築）の理論が展開されている。これは“建築物内部に閉鎖環境系をもち、外部の環境を汚染することなく内部のみで自己完結したもの”として構想されていた。建築家（哲学者）のパオロ・ソレリは、資源を浪費しつづける巨大化した都市に異を唱え、省エネルギーと自己充足型をもち、生命現象のアナロジーとしての都市を提案したのである。それがアルコサンティ（ARCOSANTI）である。1970 年以来アリゾナ州フェニックス近郊で進められているこのプロジェクトは、資金の関係で今だ完成してはいないが、その中には太陽エネルギーを最大限吸収できる建築物をデザインする他、大規模な温室を作って太陽熱を集め都市全体

に供給するなど、自然エネルギーの有効利用が提案されている。ここでエコロジーとの共生の中にヒューマンスケールが組み込まれたことで、共存から共生へと変化したのである。

1984年にはB・ルドフスキーにより“建築家なしの建築”が出版された。ここでは今まで知られることのなかった風土に根づいた建築が紹介され、その創造性の高さを示している。これによりヴァナキュラー（土着性）、風土性というものの見直しがなされた。

日本では1990年に環境共生住宅研究会が発足し、この頃からエコロジー指向が高まった。岩村和夫の「建築環境論」によりドイツの建築生態学が日本に紹介されたのもこの時期で、1992年には環境共生住宅宣言という本も出版され、環境との共生が広く認識されるようになった。

1960年からドイツで紹介されてきた建築生態学は、住環境と病理学的現象との因果関係を指摘し、住宅が人間にとっての生物学的装置となることを目的としていた。“建築は生物学的課程である”というハンネス・マイヤーの言葉にあるように、ここで初めて建築と生物学との関係が示されたのである。

1985～1987年までドイツ・カッセルでエコハウス団地づくりに携わった岩村は、日本で1993年に“ちきゅうむらの家”を設計している。屋上緑化、水循環、省エネルギー、雨水利用、パッシブ・アクティブソーラーシステム、小型風車（風力発電）、風楼、光楼、コンポストなど様々な提案を組み込んだ家は、エコロジーハウスの基本的考え方を示す初めてのモデルとなった。

エコハウス（エコロジーハウス）は建築自体をエコロジカルな存在とし、かつ生態的循環サイクルの中で扱うことを目的としている。バウビオロギーの動きをくむこれは、建築そのものを自然物の一部として扱い、緑や他の生き物を生かし生かされるという共生の思考をもとにしている。それに続き、1994年3月には大阪ガスの「ネクスト21」、1995年6月には「ルミナス武蔵小金井」、1995年8月には「エコステーションかるがも館」など様々なエコハウス・プロジェクトが進められた。

ネクスト21は、エコロジカルガーデン（屋上緑化）、生ごみ・排水処理システム、天然ガスと太陽電池によるトータルエネルギーシステム、メンテナンス面でのフレキシブルシ

システムなどを提案している。それに加え、ルミナス武蔵小金井は雨水利用、池ビオトープ、ソーラーパネル、太陽熱温水器、通風チューブ（クールチューブを用いた通風用の換気扇）、参加型公園づくりなど外に開けた環境づくりを目指している。さらにエコステーションかるがも館では、自然素材の利用、再生材・廃材の利用（廃棄物の削減、再利用）など健康・安全への配慮がなされ、人間と環境との関係を強調している。環境との共生の実践は、外環境を住環境内部に取り込むことに始まり、自然エネルギーの利用、自然環境の保全・再生・創出、そして人間への安全性への配慮という、人間－住居－周辺環境という一連の関係が成立している。これはまさにリチャルト・J・ディートリッヒが描いたモデルを住宅のなかに具現化したものである。

さらに地域に根づいた独自のエコ観を確立したものもあり、北海道のエコロジーを意味するチセロジー（地生学）はその例である。“チセ”とは北海道の先住民アイヌの家を示し、自然保護や再生の先にある、土地・風土性というものに焦点をあてていることで、環境共生の多様性を示唆している。

これらエコハウス建設と同様に、都市規模でのエコロジーを提案したエコ・ポリス（エコ・シティ）構想もなされた。1993年構想されたブラジルのエコ・ポリスは、高床式の人工地盤の上に建てられた層構造の建築物が、森を取り囲むように円形に建設され、ソーラーエネルギーと燃料電池をエネルギー源とした自律型都市モデルが提案されている。このエコ・ポリスの目的は、“生物多様性を都市の中に取り戻し、自然のエコシステムをもとに自立的な人工基盤を構築し、人間と自然のバランスを回復する技術システムの提案”であった。これまでの人間主体論的な考え方から、人間と多様な生物との棲み分けや、エコバランスを保つだけでなく、サステイナブル（持続可能性）というキーワードを盛り込んだことは大きな変化だった。

1995年出版の“BIO CITY”では、再生デザイン（リジェネイティブ・デザイン）のが自然循環型社会の実践につながると報告している。自然界のエコシステムをサステイナブル・システムのモデルとし、自然の自己更新プロセスを基盤とする人間環境づくりを目的としている。

1997年には環境共生住宅推進協議会により、環境共生住宅宣言が発せられ、持続可能な社会の構築に向け具体的な展開を公的に宣言した。その内容は省エネルギー、気候・風土

や生態条件を把握し、地域に親和した街づくり、住宅の安全・健康・快適性の確保、長期的な資源・エネルギーの問題などが項目別に詳しく述べられている。これにより社会的認知を得て、環境共生住宅は普及・推進していった。

これまでにみる形態的類似・機能的類似は、生態学的類似の中ですべて説明がつく。生態学的類似は、建築に生態系の相互作用を取り入れることにある。生態学的に見れば形態も機能も相互作用の中で生まれたものであり、そのみで起こりうるものではない。つまり Part I.1 での形態的類似は、周囲との関係性を無視して建築内部のみで自己完結した単なる形態の模倣であり、Part I.2 の機能的類似は、内に秘める動きを外に向かって放出しようとし、流動的動きがそれを視覚的にも支えているというものである。どちらも建築のみの単体で主張してきたが、生態学的類似に関しては、形態も機能もひっくるめて互いの存在を感じながら相互作用を生み出す“他感作用”をその根本に置いている。それは形態的にも機能的にも生態系の作用の中の一要素、生物学的要素として捕らえることができ、従って形態的類似・機能的類似は、生態学的類似の中に含まれるのである。

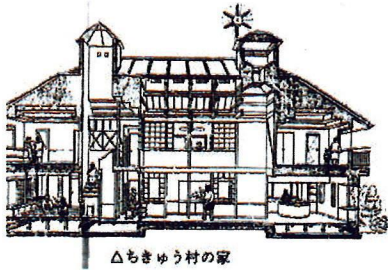
このような流れの中で、生態学と有機主義をどう捉えるかは様々な展開があるが、生命現象の中の相互作用を取り入れることで、自然界のシステムそのものを有機主義と捉えるならば、形態の類似や機能の類似を含んだ生態学的類似は、有機主義と生態学をひっくるめた生物学的モデルになりうると考えられるだろう。

相互に関連しあって全体を構成する個々の各部分が、全体の中で固有の役割を担っているように、住宅も生態系の部分の一つと捉えることで、人間—住宅—自然の間に存在する相互作用が生態系のシステムとしてはたらくことを望んでいる。

生態学的類似にみる生物学的思想の展開は、単なる共存から共生へ変わる瞬間を演出し、共生という相互作用へ向かう進路を模索しているのである。

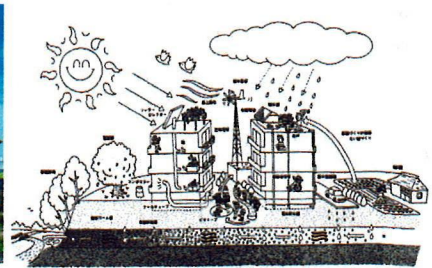
ここでいかに進んでいくべきかについてのヒントとなるある面白い記事に注目した。それは“野菜の生育”を読んだ野口泰司氏の記事で、“植物から学ぶ「住まいの理想形」”という題目で書いてある。「植物の形態は環境との複雑な相互作用のなかで仕上がった姿である。植物はそれ自体の中に“環境と共生する仕組み”を見事に備えている」といい、茎の伸び方、葉の形、その生え方の秩序などがそれぞれ違うように、住宅も一つ一つ違う要素

をもち、かつ地域によってそれはまったく違う形態を有することの必要性を主張している。また土地を無視した品種育成が、多肥料、多農薬、多灌水を生み、“どこにでも適する”ものを作ることがあたかも正しいかのように思われていることを批判している。それは住宅にも言えることで、ひとつのモデルが地域性を無視して各地で造られている現状を否定し、風土性をいかに建築の中に取り入れて多様性を生むデザインができるかがこれからの課題となるだろう。



△ちきゅう村の家

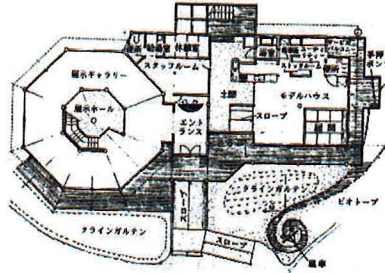
ちきゅう村の家
岩村 和夫
1993



ルミナス武蔵小金井
日本勤労者住宅協会
1995

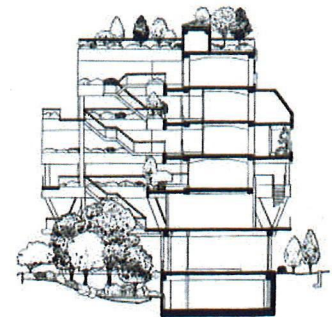


エコステーションかるがも館
住宅都市整備公団
1995



エコステーションかるがも館

ネクスト21
大阪ガス
1994



ネクスト21

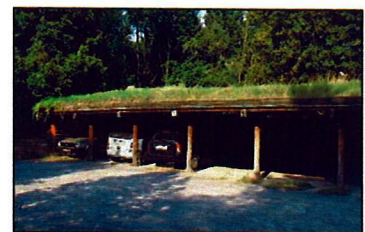
カッセルエコロジー団地



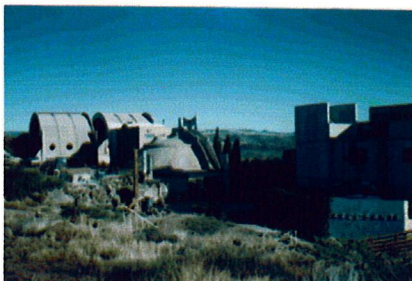
ミンケ邸:1985



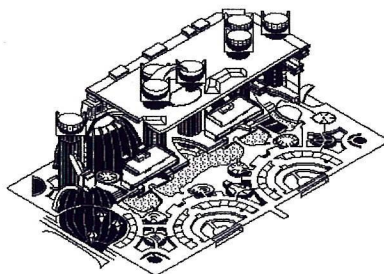
エコロジー団地の庭



第一期住宅用駐車場



ARCOSANTI
パオロ・ソレリ
1970



エコ・ポリス
菊竹清訓
1993

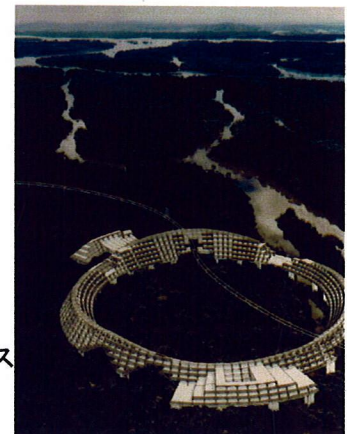
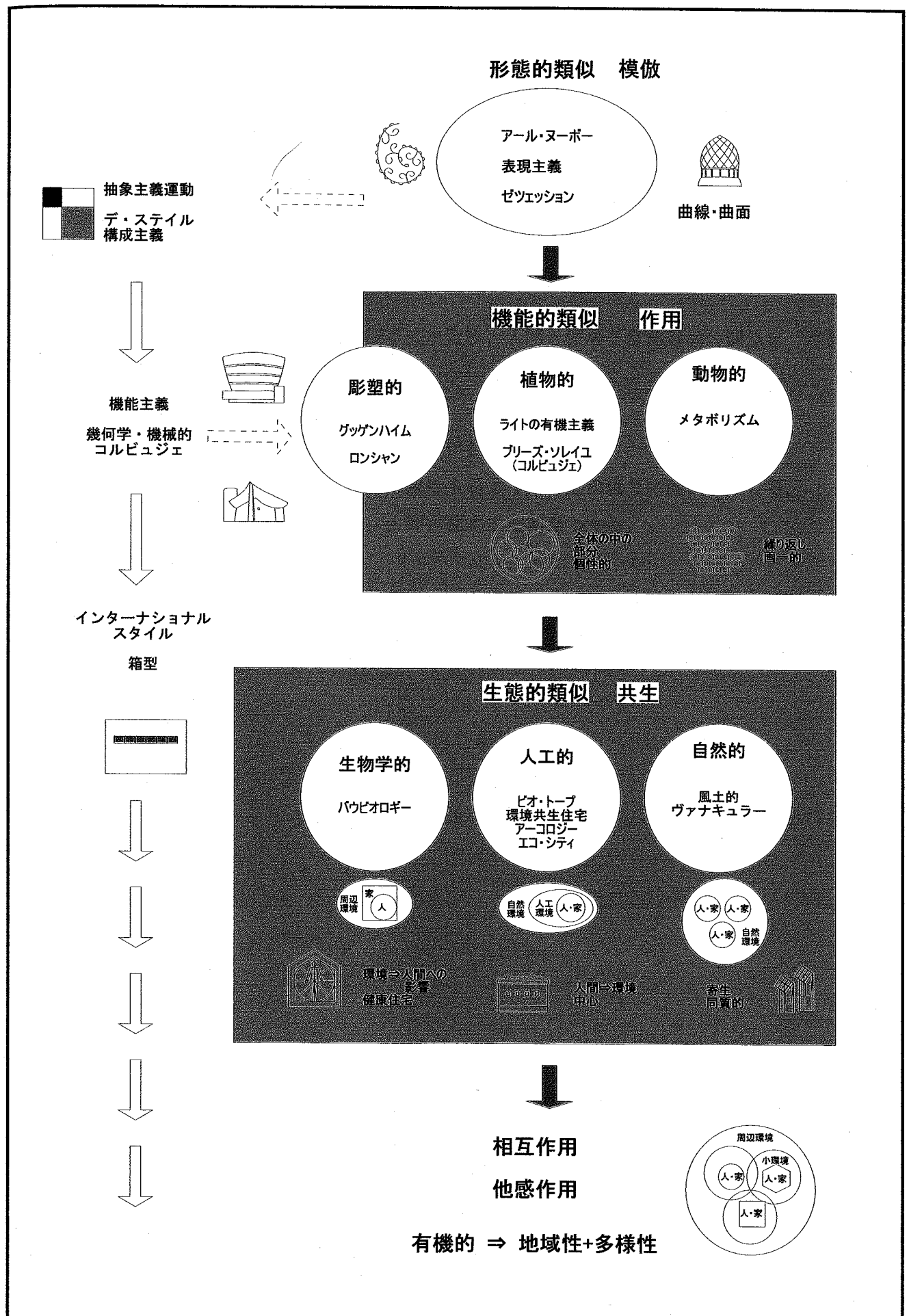


Photo I-3

(4) 有機主義ダイアグラム

Part I に見る有機主義の生物学的評価を、ダイアグラムにまとめる。

形態学的類似に始まり、機能的類似、生態学的類似への過程を示し、今後あるべき有機主義の方向性を示す。



Part II. プロトタイプ

5. プロローグ : 建築の植生 (適住適所)

地域性を生むデザインの指標を探るにあたり、人間と住居と自然環境の関係を“建築の植生”に例えて説明する。

さら地はやがて草が生え、植物が生え、木が生える。

人間は日を除け、雨を除けるために木陰に入るように自分の周りに囲いをつくる。

木は家をつくるための材に使われ、人間が住める空間をつくる。

一本の木と家は、同等である。

さら地



木



林



森



民俗学的には「はやし」は“人がはやす。人間の行為が入っている”ところであり、「もり」は“人間が触れてはならない場所”であると区別されている。

林は人間が手を加えなければ存続することができず、また一度手を入れたら、入れつづければならない。それは今の住居と同じように、常に高断熱、高気密を保つ家は、それを維持するためにエネルギーをを使いつづければならない。

森は人間の手が入らない自然の森である。そこは常に自然界の相互作用のもとにつくられた環境のなかにあり、一本の木は多数の木のなかで生まれた必然である。大きな木の隙

間から入る光で小さな木が育ち、さらにその下で生物が生き延びる。

家は単独であるのではない。家は森の中の一本の木なのである。家が集まれば森になり、森は相互作用のもとで成り立つ。家と家が互いの関係を感じながら、他感作用のもとにつくられたならば、それは自然のシステムのもとで必然的に生まれた、“建築の植生”となるのである。

木は太陽の方向に葉を広げる。

家は南側から陽を入れて、北側に影をつくる。

風を取り込み、熱とともに風を除く。

雨を受け止め、土にもどす。

木の樹冠は熱を受け止め、風が熱を奪い、木の下を一定に保つ。

木は光を取り込んで栄養をつくり、CO₂を固定してO₂を放出する。

CO₂を固定した木は家をつくるための材に使われ、人間が住める空間をつくる。

この自然の当たり前のシステムを住居に取り入れたなら、当然住居も自然界のシステムの中に含まれることになる。

このような建築の植生を生むための次の段階を探る。

そこでまず R・ディートリッヒ、環境共生住宅、風土的建築などに学ぶからいくつかのキーワードを探り、そのプロトタイプを導き出すことで、生態学的モデル（生物学的プロトタイプ）をつくり、地域性、多様性を生むデザインの最初の指標を導き出すことが必要となる。

生物学的にみるキーワードを以下に示す。

- 太陽（光・熱・エネルギー）
- 風（風向き、防風）
- 木（防風林）
- 水（雨水、地下水）
- 地形
- 植物
- 日影シミュレーション
- 木陰モデル

これをもとに、これまでの建築形態の中に見られたプロトタイプを、タイプ別に模索する。

リヒャルト・ディートリッヒは、生物学的相互作用を人間—住居—周辺環境としたが、ここでは住居は人間の一部であると考え、人間—住居との相互作用は省いて考えている。よって次にみるモデルは人間・住居—周辺環境との相互作用により生まれたモデルである。そして住居(人間)との相互作用から、相対的な他感作用を生むためのモデルを導こうとするものである。

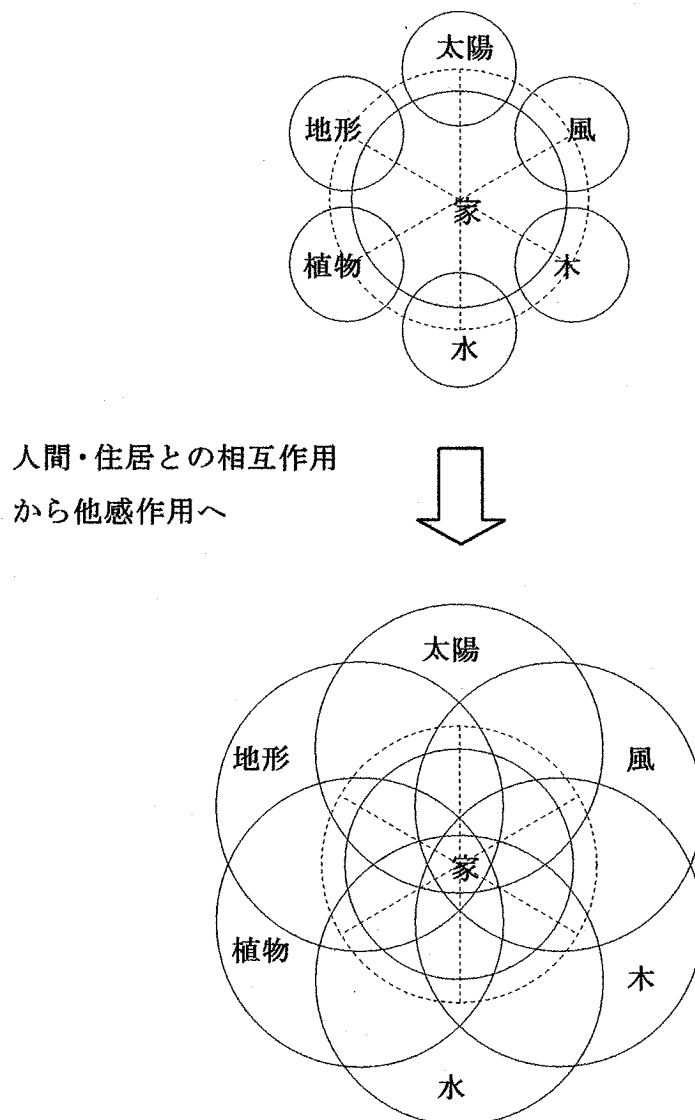


図5 生物学的相互作用にみるモデル

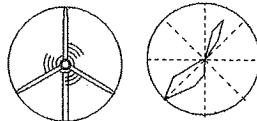
ケーススタディ

6. 風の家

風と家との関係は、風の向き、強さなど風の性質により様々に変化する。風が強く吹くところでは風を生活に利用し、風が強すぎればそれを除け、風があまり吹かないところや、風が取り込み難いところでは、風を家に入れるための工夫が直接家の形態に表れる。

ここでまず今までの建築の中から風モデルを導き出し、それをもとに成分分析を行う。

● 風モデル



風は毎秒 1m で体感温度を約 1 度下げるといわれている。

西パキスタンにあるシンドには、バッド・ギアと呼ばれる空調設備を持った集落が存在する。4月から6月まで 48.8 度以上、風が常に同じ方角から吹くという環境の中で、風を捕獲する風受けが一部屋に一つずつ付いた住居形態は、500 年以上変わっていない。「建築家なしの建築」で紹介されたこれは、集落がもつ同質的空間をつくる形態が、環境の中から生まれたものであることを示している。一定した風の方角と密集した居住空間という条件が生んだ地域性といえる。

同じくシカゴ周辺の湖水付近にあるベンジャミン・ウィーズによるエコハウスは、最小の土地利用をもとに、夏の通風のために煙突効果を利用した塔状のスペースを居住空間に設けた。しかし熱対流を利用した換気のみでは、外部熱をそのまま室内に取り込むため温度が変化するわけではない。夏は暑く冬は寒いという欠点をもつが、風の対流を起こすことで体感温度を変化させたり、換気を促進するという面では役立っている。塔状形態は、敷地の最小利用と設備機械を使わない熱対流換気とによって起こった風の家モデルといえる。

この風の対流を利用したモデルとして日本の町屋が挙げられる。町屋は坪庭と裏庭があることで室内の温度を調整している。これは風の気圧差を利用した熱対流換気で、床下の低温

空気が動くことで涼しさを感じる。風力差を利用することで換気をする仕組みは、風を取り入れるというよりも、風を操って温度変化を起こす仕組みである。

また空気温度が低い方から高いほうへ気流が上がっていく効果を利用して、室内温度を調節している。昼は屋根面の温度が高いためそのまま外に空気が抜け、室内は温度が低くなる。逆に夜は外気が冷えて、冷たい空気が降りてきて暖かい空気を持ち上げ追い出す。これは“冷氣積層型上方開放空間の熱対流型換気”と呼ばれている。さらに町屋は間口が狭く隣家と密接しているため、隣家の外壁が断熱の役割をもつという特徴からも熱対流が起こるのだといえる。周壁温度を上げず夏の日中の熱の進入を防ぐことが冷気を保つ秘訣であり、周壁から熱が入れば室内の上下の温度差が生じず対流は起こらない。対流換気とは夏の日中に、冷たい空気を室内にとどめるため上下の温度差を利用し上流気流をつくらせず、気流を動かさないことが必要なのである。つまり風の対流換気を利用するためには断熱と日除けは必要条件なのである。ここで風モデルは太陽の熱との関係性をもって成り立つことを示している。これは風と太陽との相互作用といえる。

町屋は冷気を居住域に残しながら熱気を排除する仕組みが定着しており、それは風をうまく操った風モデルといえるのである。

より身近な例として広島県世羅西町、吉舎町にあるタバコ小屋が挙げられる。これは今から 30 年ほど前、たばこの葉を乾燥させるために建てられた。乾燥のため風の通りをよくした建物は屋根上部に換気口があり、上方開放空間の熱対流型換気である。これは現在人の住める空間として再生されつつあり、広島のタバコ作りという文化から生まれた地域性をもった風の家モデルである。

似たような例でいえば、かつて養蚕をしていた岐阜県白川郷の合掌造りが挙げられる。合掌造りは目的別に 3 層に分けられ、1 階を居住空間、2 階より上の屋根裏を養蚕、床下で火薬の原料となる煙硝づくりの場としている。天井を簀(すのこ)張りにし、囲炉裏から上がる煙を屋根裏に送り虫除けとした。タバコ小屋の換気とは多少違うものの、室内を 2 層に分け、上層に空気を送ることで換気と虫除けという二つの目的をもたせたことで、上方開放空間の熱対流換気といえる。

また合掌造りの形態はこの地域独特の気候性によるものである。白川郷荻町は狭盆のため、冬から春にかけて平均 20 メートル以上の風が吹き、さらに冬には 4 メートルにも達する雪が降る。そのため屋根を東西に向けて風の抵抗を最小限にし、屋根勾配を急にすることで積雪の重みを分散し、屋根の両面に日をあてることで雪解けを早めている。

タバコ小屋と合掌造りは同様の換気モデルでありながらも、地域性が加わることにより居住形態に変化が現れたことを示している。

さらに風モデルの典型ということでは風車が挙げられるだろう。オランダでは古くから製粉動力などのために風車が使われており、1870 年頃まではおよそ 9000 基もの風車が回っていた。また現在デンマークやドイツなどヨーロッパ圏においては風力発電が主流となり、日本でも環境エネルギーとして関心を集めている。風力発電には一定の強さをもった風が必要であり、限定された地域においてのみ可能となるが、“風の強さ”というものの自体が地域性をもつため、より普遍的（一般的）でありながらも地域性をもつのである。

新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO：1993）によると、年間平均風速 6m/秒以上の地域は全土の 1/7、市街地などの不適切地を除いても 21,000k m²が風力発電の適地であるとされている。

ごく最近のものでは伊東豊雄の建築の中に風をモチーフにした作品がある。1986 年、横浜駅周辺に建てられた“風の塔”は、地下駐車場の換気塔を網状アルミパネルで覆ったものであり、パネル内部に多数のランプを取り付けることで、塔に吹く風の速度・向き、周辺の騒音に反応して光が舞うという仕組みとなっている。これはもともとあった古い建物の周辺に、皮膜のような網状アルミパネルで囲うことで再生させ、さらに風を使った視覚的表現により風と光の空間を演出している。風を直接扱ったというよりは、視覚的效果を狙った目的が大きい。換気作用を侵すことなく、景観の再構築をしたという点で新しく、「風の建築」といえる。

一方同じく伊東豊雄が設計した 2001 年仙台メディアパークは、「風」を扱ったわけではないが、イメージの中に風を感じさせる効果をもつ。「風に舞う一枚の布のような覆い」「可能な限り薄い皮膜のような覆い」という表現を使い、視覚的に風をかたちで表現したような形

態をしており、境界が曖昧で感じるままに形にした“イメージの建築”とも呼ばれている。これらはどちらも高度な建築技術を使った建築構造と、風を視覚化するという共通点をもった風モデルである。

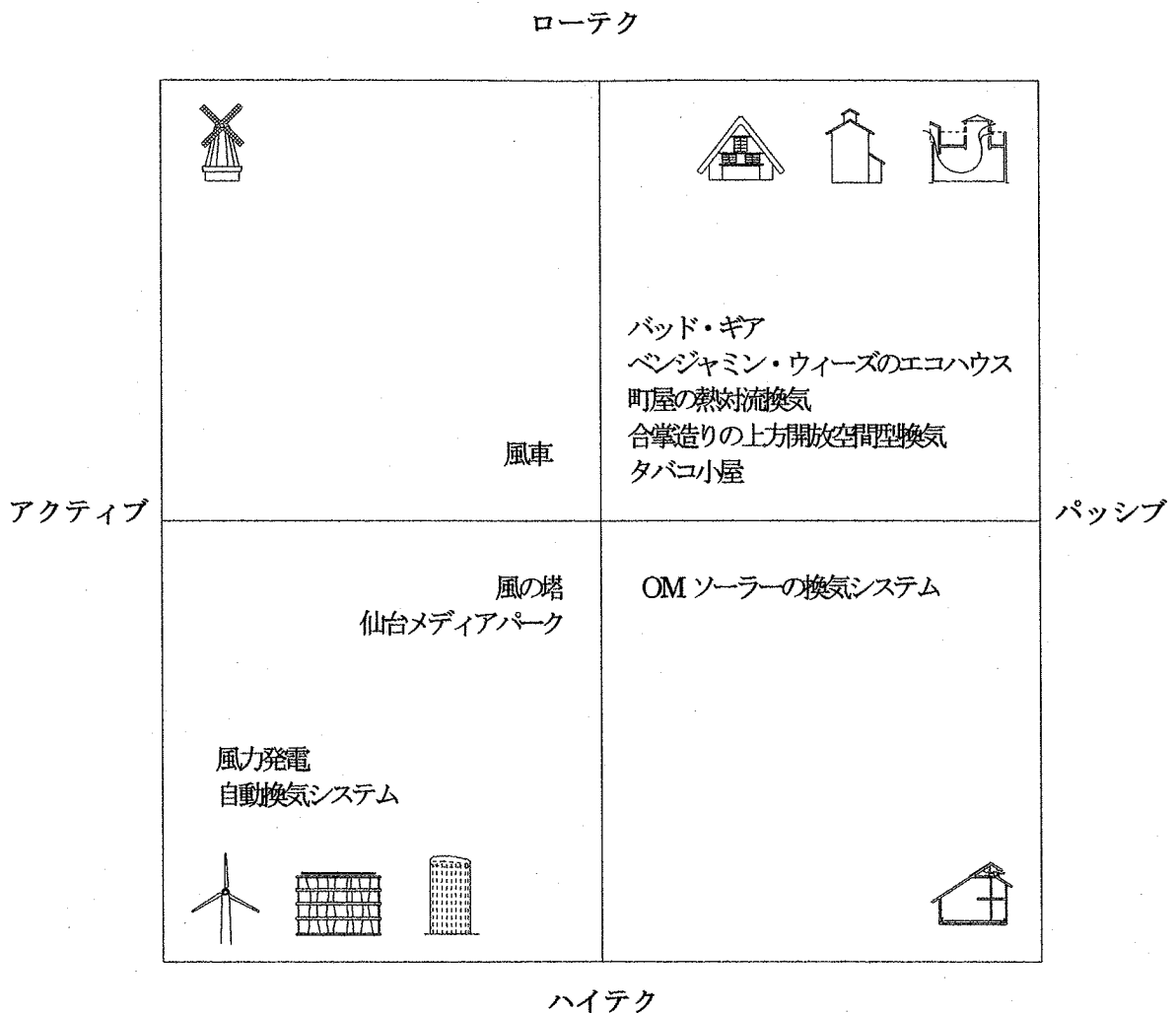
このような風を扱ったモデルは風をダイレクトに使うものもあれば、微妙に変化する気流という風を操るものもある。しかし現代のハイテク時代の中では、風の通り道、風の向きなど地域性を無視した自動換気システムが都市などで扱われている。必要なときに必要なだけ取り入れるという換気システムは、外気の温湿度をセンサーで感知し、可動窓をコンピューターで自動制御することで、機械空調と合わせた人工環境を作り出している。このような換気は都会のオフィスなど大空間の利用を目的とするが、ドイツのように個室オフィスという特性を利用した自然換気が比較的多く採用されているという例もあるため、居住空間においても自然換気が有効であることが判断される。

このような高度な技術と自然の換気システムを、自然エネルギーを使って実現させたのがOMソーラーの排気システムである。夏の日中は屋根裏の熱い空気と床下のよどんだ空気を外に排気して、熱気を外へ逃がす。夜間は外気温が下がるために起こる屋根面の放射冷却現象により、冷気を室内に取り込む

このようにハイテクでありながらパッシブなエネルギー利用は有効ではあり得るが、それぞれの地域性と個性をもったモデルであるとはいえない。システム自体は利用できるが、その利用の仕方は多様性をもたねばならない。それがデザインであり、それは他のモデルとの相互作用の中で生まれてくるものである。

以上のような風モデルを分類する。

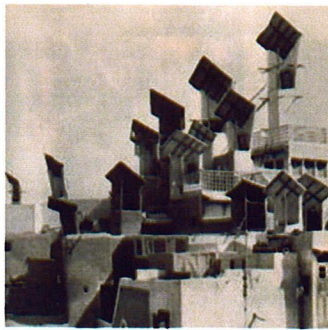
ここにA,Bという2つの属性があり、それぞれが2つずつのカテゴリーに分かれているとき、その事象は4分表として表現される。これは“ジョハリの窓”として親しまれている。このジョハリの窓を活用して風モデルを読解する。カテゴリーは、ローテク、ハイテク、パッシブ（受動的）、アクティブ（能動的）の4つを用いておこなう。



分類をみると、ローテク・アクティブに分類されるモデルは極めて少ないことが分かる。

ローテク・パッシブに分類されるモデルは、ハイテクを活用した場合、現在に継続して十分活用できるアイデアがたくさんある。例えば、萱葺きであれば、屋根裏の換気口をコンピューターによる自動制御にし、これを太陽エネルギーで賄うという方法が考えられるだろう。

このように今後はパッシブ・ハイテクの域が主要となると考えられる。



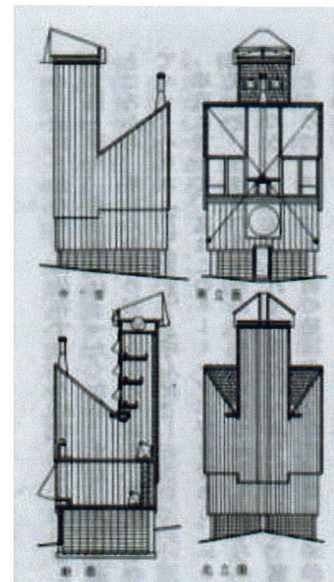
バッド・ギア(風捕獲器)
西パキスタン・シンド



タバコ小屋
広島県世羅西町



合掌造り
岐阜県白川郷



エコ・ハウス
ベンジャミン・ウィーズ
シカゴ



風車(バルコニー型)
オランダ



風力発電
デンマーク



風の塔
伊東豊雄



OMソーラーハウス
大須賀建設



仙台メディアパーク
伊東豊雄

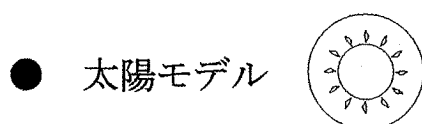


Photo II-6

7. 太陽の家

太陽と家との関係は、太陽高度、日射量、入射角度、太陽軌道、太陽エネルギーの利用などにより変化する。太陽高度が高く日射量の多いところでは日を除け、逆に太陽高度が低く日射量の少ないところでは日を入れるための工夫をする。それが家の形態を直接支配している。

ここで太陽と家との相互作用を示す太陽モデルを探り、それをもとに分類する。



太陽を扱ったモデルには、太陽を直接利用しようとするものと、防ごうとするものがある。直接的利用は太陽エネルギーの熱変換であり、防ぐものとは庇やルーバーなどで太陽光の直射を防ぐものである。それはどちらも太陽と家との相互作用のものに現れた形態である。

Part I (2)で扱ったブリーズ・ソレイユは、コルビュジェがユニテ・ダビタシオンで実現させた日除けである。夏は太陽の強烈な日差しを避け、冬は部屋の置くまで日射を入れるために用いられた。建築的庇という役割をもつそれは、日差しを避ける目的から、日照を調節する装置にまで発展している。それは建築のファサードにおいて様々な変化を見せる。インド北西部パンジャブ州にもコルビュジェが用いたブリーズ・ソレイユモデルが存在している。チャンディガールの合同庁舎は、インドの強い日差しを和らげるため日除けを設け、その構成にリズムをつけることでファサードに変化をもったデザインをしている。これは太陽の作用を受けて建築のファサードに現れた太陽モデルである。

ブリーズ・ソレイユと同じ目的をもつものとして、日本家屋の庇が挙げられる。日本は昔から庇を用いて日差しを室内に入れない工夫をしてきた。それは屋根の傾斜にも表れ、雪や雨の多い地方では庇の傾斜が急になり、日差しの強い地域では庇が長くなった。これは多様な日本風土に適応した建築文化であり、北の家と南の家というモデルが既にできていた。北

の家は北欧諸国に見られるような傾斜のある屋根、小さな窓、暖房、サンルームなどの要素をもつ。逆に南の家は、深い庇、大きな窓、バルコニー、吹き抜け、高床などのパッシブ要素をもつ。これは北と南、冬と夏とに変化する太陽から受ける影響をもとに庇を使ってうまく操り発展した地域独特の形態である。庇は地域性を図る物差しであり、太陽と家の関係を鮮明に写すモデルである。

もともと太陽モデルは、昔からヴァナキュラーのなかに存在していた。緯度が低く太陽高度の高い地域では庇を長く、または屋根をフラットにし、緯度の高い地域では屋根に傾斜をつけ重厚なつくりで断熱した。

ニューメキシコの家は換気を妨げず影をつくるために、細長い薄板を水平につけた屋根が見られ、エチオピア・オモ溪谷にはわら葺の円錐屋根の家があった。マレーシア・ペナンの家は水害を逃れ湿気を防ぐために高床式家屋をもち、インドネシア・スラウェン島、トラジャ族の船形住居は、独特の形態をもった竹葺き屋根を持っている。モロッコ・サハラ砂漠には、日干し煉瓦の四角い家があり、ギリシア・サントリー二島には漆喰ぬりの白い家々が並んでいる。一方北欧では木材を使用した家屋が雪の積重に絶えうる切妻の屋根をもった伝統的な形が定着している。日本の岐阜には合掌造りの家が連続して並び、極度に傾斜をもった外観を示し、ドイツ南部・シュバルツバルトの伝統的農家は、大きなカヤ葺き屋根が外観を支配した。

これら多様化したモデルは、すでに地域ごとに存在していた。風土的要素をもった建物は、技術の発展と様式の確立によりその存在は薄れていったが、今ある状況のアクティブなハイテクからパッシブなハイテクへの選択が必然となっていった。

さらに庇は、建物表面を覆う皮膜としても多様な様相を見せた。

建築家隈研吾による栃木県那須郡馬頭町広重美術館は、木製ルーバーを使い日本の伝統的庇の形態と、ルーバーの隙間から降りる光の演出により庇の多様性を具現化している。

また東京都渋谷にある横文彦設計のヒルサイドウェストでは、透明の皮膜のようにルーバーを扱っている。日除けの役割をするというよりはデザイン性が強いが、光をやわらかく取り

入れ、外部からの視線をさえぎる建築の皮膜として表現している。それはガラス建築思考という要素を生かしながら、日射制限の効果を与えた新しいモデルといえる。

この透明ルーバーと同じ役割をするのは、日本の伝統家屋にある障子である。直射を入れず光を分散する手法は、光をやわらかく取り入れ、室内に均一な明かりをもたらす。それは最もローテクでありながらも伝統の中で生まれた技術であり、最も大衆性をもつ。透明ではないが外の気配を感じ光を通す障子は、日本独特の太陽モデルといえる。

さらには日照を自動調節するまで装置までつくられた。ジャン・ヌーベル設計のパリ・アラブ世界研究所は、光を感知するセンサーで採光を自動コントロールし、室内に入る光を制限している。もっともすべてをコンピューター制御に頼っていたため頻繁に故障していたようだが、現在では時間と天候とにより開閉をコントロールしている。窓面に設置された幾何学模様のダイアグラムは、自動で絞込みを調整し入る光を操るばかりでなく、時間によりファサードの変化に富んだデザインを実現させている。これは現代の高度な技術とエネルギーを使った太陽モデルである。

太陽エネルギーは、そのエネルギーの約 50%が地表に届く。地表に届く太陽エネルギーは、1 日に約 $(1.49 \times 10)^{19} \text{kJ}$ (キロジュール) といわれている。世界で 1 年間に使うエネルギーは石油に換算して約 80 億キロリットル。これは太陽エネルギーの 17 万 5 千分の 1 である。太陽エネルギーの有効活用が自然エネルギーとして注目されている。

太陽を家のシステムとして扱ったものとして、アクティブソーラーハウスとパッシブソーラーハウスが挙げられる。アクティブソーラーは太陽熱温熱器や太陽光発電パネルを屋根面に置いて、ソーラーエネルギーを取り込んで利用しようとするものである。

一方、パッシブ・クーリング、パッシブ・ヒーティングを合わせたソーラーシステムは、太陽と風との自然の力を利用して、優れたエネルギー効率を備えている。少量の電力などのエネルギーを利用し、環境への付加を軽減することを目的としている。

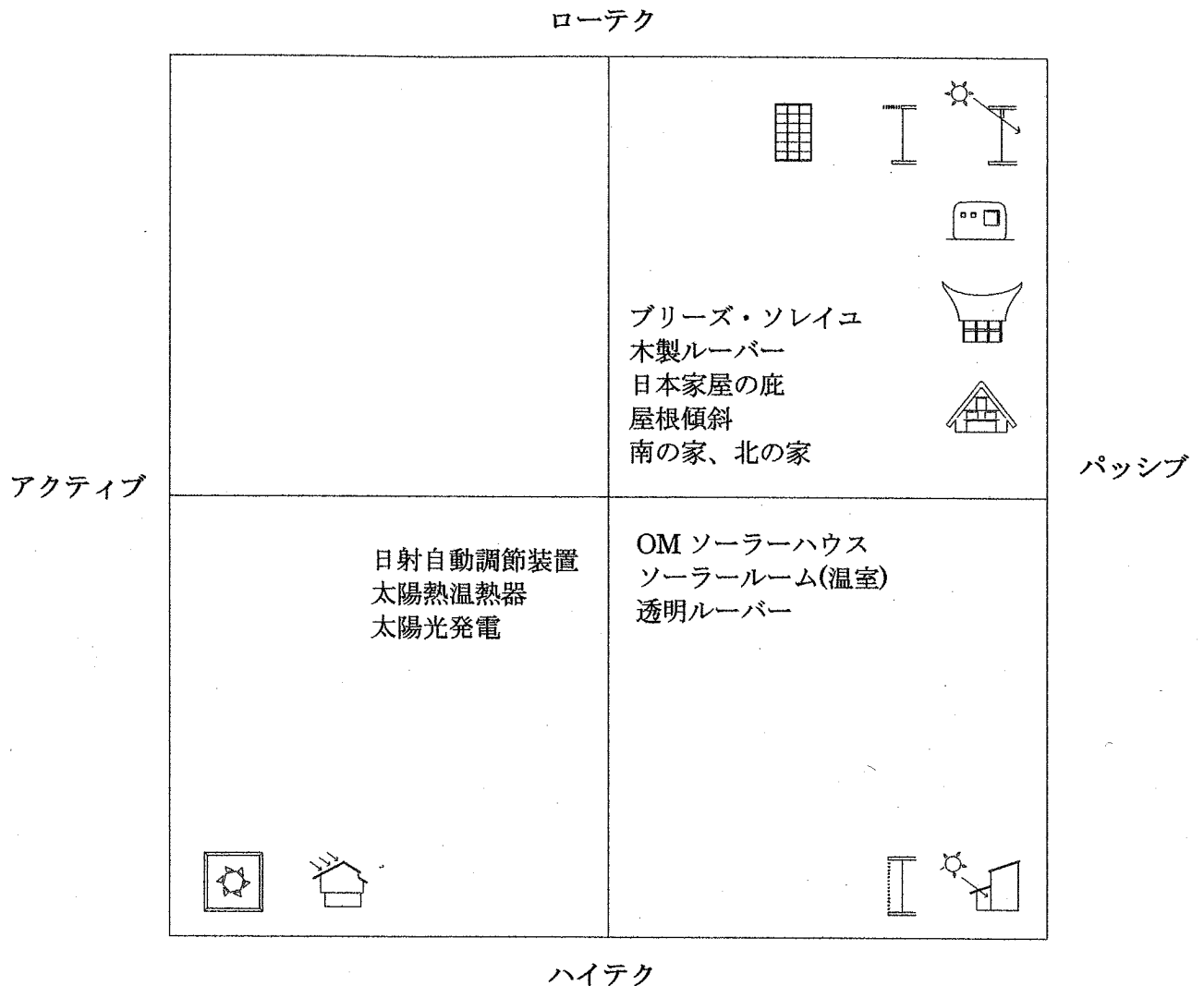
パッシブ・クーリングは太陽高度の高い夏に庇で太陽光を防ぎ、天井や壁の換気口から暖まった空気を自然排気する。これは日本の古民家であった上方開放空間の熱対流換気と同

じ手法であり、6.風モデルにもそれは現れている。パッシブ・ヒーティングは入射角度の低い太陽光を南面のガラス窓から取り込みながら、ガラスの断熱効果で暖かさを確保している。ガラスの断熱効果は、北欧ではソーラールーム(温室)として扱っており、すでにプロトタイプとして存在している。パッシブソーラーハウスは集熱、通風、蓄熱からなり、高断熱、高气密が必要なのである。

ドイツ・フライブルグ、BUND（ドイツ環境自然保護連盟）のプロジェクトであるエコステーションの建築は、温室（ウィンター・ガーデン）を設けている。パッシブソーラーや温水コレクターの利用により、全エネルギー需要の 1/3 を太陽エネルギーでまかなっている。それは土地の風土を生かした建築であり、地域の素材や資材の再利用も行っている。また特殊な例として Francis Seguinél が設計した”dome a barreau”（小柱の円方建物）がある。円形のドームの頂部にある熱源の集中コアに集熱する方法がとられている。

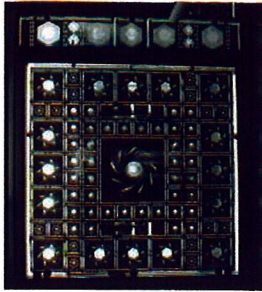
パッシブ・ソーラーシステムの中で、OM ソーラーハウスは外気を取り入れ、屋根面で太陽の熱を暖め、その空気を床暖房やお湯取りに使うというものである。暖気は集熱ダクトで集められ、小型ファンで床下の蓄熱コンクリートに送られる。その暖気は、蓄熱コンクリートをゆっくり暖め、放熱して床全体を暖めるのである。これは低温輻射による暖房方式であり、外気を取り入れることで負荷の少ないシステムを実現している。このような太陽エネルギーを取り入れるシステムは近年その技術を伸ばし、アクティブからパッシブへと移り変わる中で、自然との有効な相互作用を実現しつつある。

以上のような太陽モデルをもとに、4つのカテゴリーによる分類を行う。



分類結果を見ると、太陽モデルでのローテク・アクティブはなかった。例えば“虫眼鏡で火を起こす”はローテクでアクティブな手法であるが、これは住環境における太陽モデルとは異なるものである。

技術が発達するほどアクティブ・ハイテク域は増加するであろうが、風モデルと同様、太陽モデルにおいてもパッシブ・ハイテク域で今後の展開が期待される。ハイテクを単なる機械的道具として扱うのではなく、生態エネルギーを得るための媒体としてのハイテクを求める必要があるだろう。



アラブ世界研究所
ジャン・ヌーベル
パリ



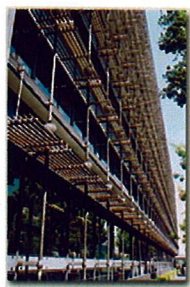
チャンディガール合同庁舎
ル・コルビュゼ
インド・パンジャープ



トラジャ族 船型住居
トコナン



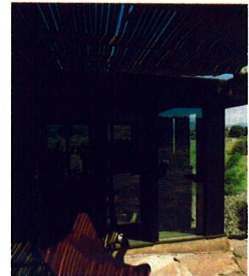
ヒルサイドウエスト
槇文彦
東京



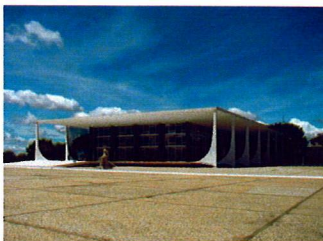
パレスサイド・ビル
(サンコントロール・
ルーバー)



馬頭町広重美術館
隈研吾
栃木県



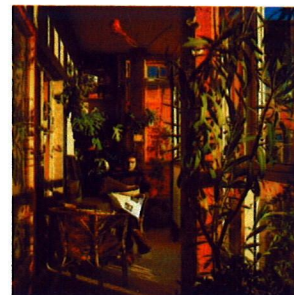
ルーバー
ニューメキシコ



ブラジリア最高裁判所
オスカー・ニーマイヤー
ブラジル



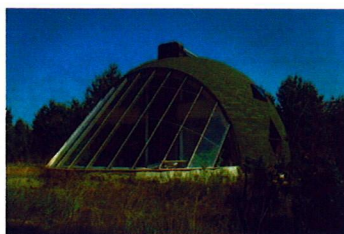
障子: 日本



ソーラー・バルコニー
Floyd Stein
コペンハーゲン



エコステーション
BUND(ドイツ環境自然保護連盟)
フライブルグ(ドイツ)



Dome a barreau
Francis Seguin
Agen in France



ソーラーハウス
Northern Pennsylvania

8. 木の家

木と家との関係は、材木としての木、木陰による熱の反射・吸収、防風といったものがある。材としての木は自然界で CO₂ を固定し、それを行わなくなれば家をつくる材として変わり、住空間を構築する。木は生長とともにある一定の間 CO₂ を固定するが、それを過ぎれば CO₂ を固定しなくなる。その木を材に変え、また新たな苗を植え、木を育てることで CO₂ 固定を促進し、自然界のシステムの循環を促しているのである。

そこで木と家との相互作用を示すモデルを探り、カテゴリー分類を行う。

● 木モデル



木を扱った家は、樹木を加工して家づくりの材料としたり、自然の木を利用して木陰に家を建て日差しを避けたり、直接木の上に家を建てたりと様々な木の家を見ることができる。

日本の住居には古くから木の文化が栄えていた。継手、仕口をもつ在来木造の家は、日本の伝統的住居である。伝統住居は通風や換気を促進することで夏の快適性を高め、さらに柱・梁などの構造材を乾燥させて腐朽から守る役目も果たしていた。それは 6. 風モデルで示した町屋や合掌造りなども同様で、木造で夏を涼しく過ごす工夫がなされたばかりか、樹木を木材として加工しつくる家は、木の高断熱性、湿気の調節、木の香り、耐久性、木目の美しさなど、木の落ち着いた雰囲気が日本人に馴染んでいた。

木の文化は日本のみならず、世界中で見られる。ギリシャのパルテノン神殿もそうだが、西欧でもかつては木造の建物がつくられていたが、木が少なくなったことで生産性の高い石の文化へと移っていった。ドイツで見られる伝統的農家は、大きな萱葺き屋根をもつ木造建築であり、それは現在もドイツの町並みをつくる木組みの家へと継承されている。北欧では日本同様古くから木の文化が根づいているが、スウェーデンに残る 16 世紀の農家は、針葉樹林の丸太を積み上げた校倉式建物であり、木造建築工法が古くから確立していたことが分

かる。その他、インドネシアのパオマタルオには、丸太で脚柱が組まれた巨大な木造住宅の集落があり、マレーシアには様式が混成した木造の高床式住居、ニューギニア・ブエイには樹上住居がある。中国福建省にある客家環形土楼は、4,5 階層の円形共同住居をもち、木構造と瓦葺の壮大な建築群を見ることができる。これらは木を直接住居に取り入れた木モデルである。

木は家づくりの材料となる他にも、外刺激から居住空間を守る働きもする。島根県出雲地方にある筑地松民家は、家の周囲を防風林で覆った独特の形態をしている。日本海からの風が吹き抜けるこの地域では、最大風速 25m/秒の風が吹くこともあり、高さ 10m、厚さ 1m ほどの黒松が家の周囲をめぐっている。岡山県北東部の勝北町にも防風林の集落があるが、出雲地方のものとは違い、生い茂った樹木を刈り込まず自然林そのままの状態を保ち、その種類も檜、杉、樅などと様々である。富山県・砺波(となみ)平野にも“かいによ”とよばれる防風林があり、春先に上から吹き下ろす南西のフェーン風対策として築かれている。このように防風林を居住域に取り込んだ家は、木と風との相互作用により現れた木モデルといえる。

木造建築は、技術の発展とともに様々な変化を見せた。在来工法では不可能だった大空間をも可能とし、大建築やドームをつくるまでに進化した。木造建築の例を挙げれば、近代に作られたアルヴァ・アアルトのマイレア邸、アントニン・レーモンドの旧設計事務所（麻生）から近年では安藤忠雄の兵庫県立木の殿堂など様々な工法と技術で木造建築が作られている。

高強度木造住宅を実現した S E 工法では、鉄骨の強さをもつ木骨ラーメン構造をなし、木造三階建て住宅も可能とした。また工場生産型のプレハブ住宅や 2×4 といった企業開発の木造住宅も出回っている。これらは、高度な技術と高断熱・高気密を備えた完全防備住居といえ、極めて人工的・管理型な木モデルといえる。

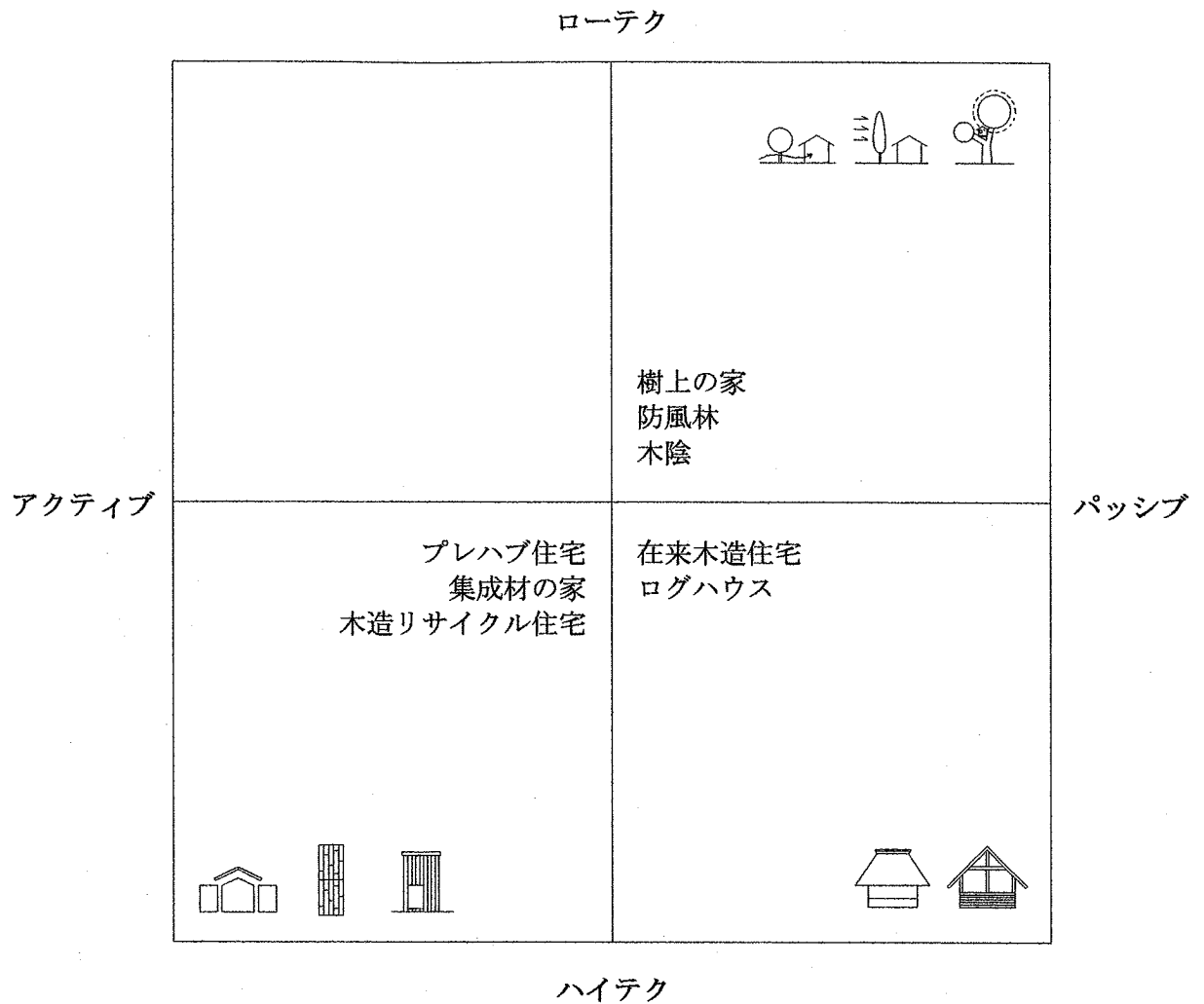
また木材を有効に利用するために改良された集成材は、柱・梁として建築構造をなしている。建築家遠藤吉生による板橋さざなみ幼稚園 ANNEX2（東広島市）では、集成材を利用した大空間をつくることに成功している。集成材は、木材の有効利用をなすばかりか、一本の木から角材をとることによる生産性の難しさを克服し、無駄のない木材利用を可能として

いる。

このような試みは、再生可能、サステナビリティといったキーワードをもとに資源循環型という目的から起こったものである。住宅建築からでる廃材利用は、工事用の型枠に使われたり、他の製品へと加工されたりと、形態を変えながらも存在している。また熱可塑性木質複合木材といった他の素材との複合により、何度でも再生可能な製品も開発された。しかしこれら複合材は、木材の利点を失った単なる木質模倣に過ぎなかった。新建材の利用が在来木造に比べ建築廃材の量が多いということからいえるように、できるだけ加工しない木材の利用とともに、昔ながらの木造工法が望まれる。

また廃材利用に近いが、成長する木を間引きすることに出る間伐材を利用してログハウスなどもつくられている。間伐材は利用上欠点が多いが、林の管理のためには避けられないものであり、木材のリサイクルによる循環システムが必要なのである。

以上のような木モデルをもとに、4つのカテゴリーによる分類を行う。



木モデルにおける分類は上図のようになった。住環境における木モデルの今後の展開は、単にパッシブ・ハイレクのみを求めるのではなく、ローテク・パッシブを有効に使うことが地域性を生むうえで必要となるだろう。



バオマタルオの住宅
インドネシア
ニアス島



ドイツ南部 農家



高床式建築
マレーシア



エルブロス農家
スウェーデン



木組みの家
ラインラント・プファ
ルツ(ドイツ)



木の上の家
フィリピン
ミンダナオ島



土楼内部



土楼
中国福建省



近江八幡市の町並
み
滋賀県



防風林
岡山 奈義町



筑地松民家
島根県
出雲地方



ログハウス



兵庫県立木の殿堂
安藤忠雄



ANNEX2(内部)



板橋さざなみ幼稚園
ANNEX2
遠藤吉生
広島県東広島市

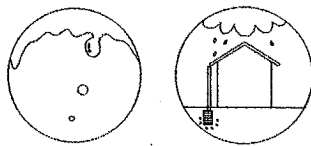
9. 水の家

水と家との関係は、地形により生まれた自然の水（川、海、湖）、生態系の中で生まれた水（植物、樹木が持つ水）、雨水、人工的な水など、身の周りに様々な形で存在する。

家に関係する水を種別すると、ビオ・トープ(池)といった住環境を含む水の存在、雨水、地下水といった自然現象により起こる水、人工的な水、生活形態の一部としての水と分けることができる。

そこで水と家との相互作用を示す水モデルを探り、カテゴリー分類を行う。

● 水モデル



生活形態の一部として存在する水モデルには、環境のなかに寄生する形で現れた家がある。これは極めて土着的で風土性をもつ。ペナンにある水上家屋は、外敵の防御や風土病から身を守るなどの目的で水上に建てられた家屋であり、海岸に杭を打ち、その上に建てた杭上家屋が多く見られる。同じく海上に張り出して建てられた船宿が、京都府与謝郡伊根町に存在する。これは居室と作業場とが一体となった住まいであり、海から各戸の玄関に至るという独特の形式をとっている。間口二間、京間八畳を基本とするつくりで、切妻面を湾に向けて連続した配置をしている。中国雲南省河口の杭の上に建つ村落や、上海蘇州川黄浦江との合流点にある水上住居郡も同様である。これらは集落性を強く表している水モデルといえる。

また生活の一部として扱うという点で、日本の水車は水モデルの典型である。水車はかつて稲田での米の脱穀や、製粉機としても使われていた。その様子は葛飾北斎、富嶽三十六景の中にも描かれており、生活に密着したものであったことがうかがえる。また飛騨高山や白川郷には今も残る水車羽根が町中にあり、伝統的な町並みをつくる要素として存在している。この水モデルは発展を遂げて、現代では水力発電のダムタービンとしても実用化されている。高所から落下する水の反動を利用したこれらの例は、水車の羽根車を進化させた水モデルの原型である。

住環境を含む水の存在は、人工的につくった庭の池や、自然の中にある池、川などにある。人工的な水は、日本の庭園や住宅のエクステリアの一部としてある水たまりとして身の回りにある。これらは景観形成、美観としての要素が強いが、水の存在が人間の精神性に影響を与えているともいえる。また庭園のような自然の景色を居住空間の中に持ち込む目的ではなく、単に住居の周りに水を張って水の庭として扱う例もある。建築家村上徹による津山の家は、敷地内に水を張ることで居住空間の一部として水を取り込むことに成功している。安藤忠雄の Eychaner/Lee House(シカゴ)も同様に、水を家の周囲に張ることで、水面に映る木や風の揺らぎを庭の様子に見立てて、幻想する水庭を居住空間に取り入れている。この水は表現方法として精神性を強く表す建築に用いられることが多い。安藤忠雄の水の教会はその一例であるが、その他にも本福寺水御堂などが挙げられる。これら人工的な水は、間接的に水を居住空間に取り入れることで存在する水モデルといえる。

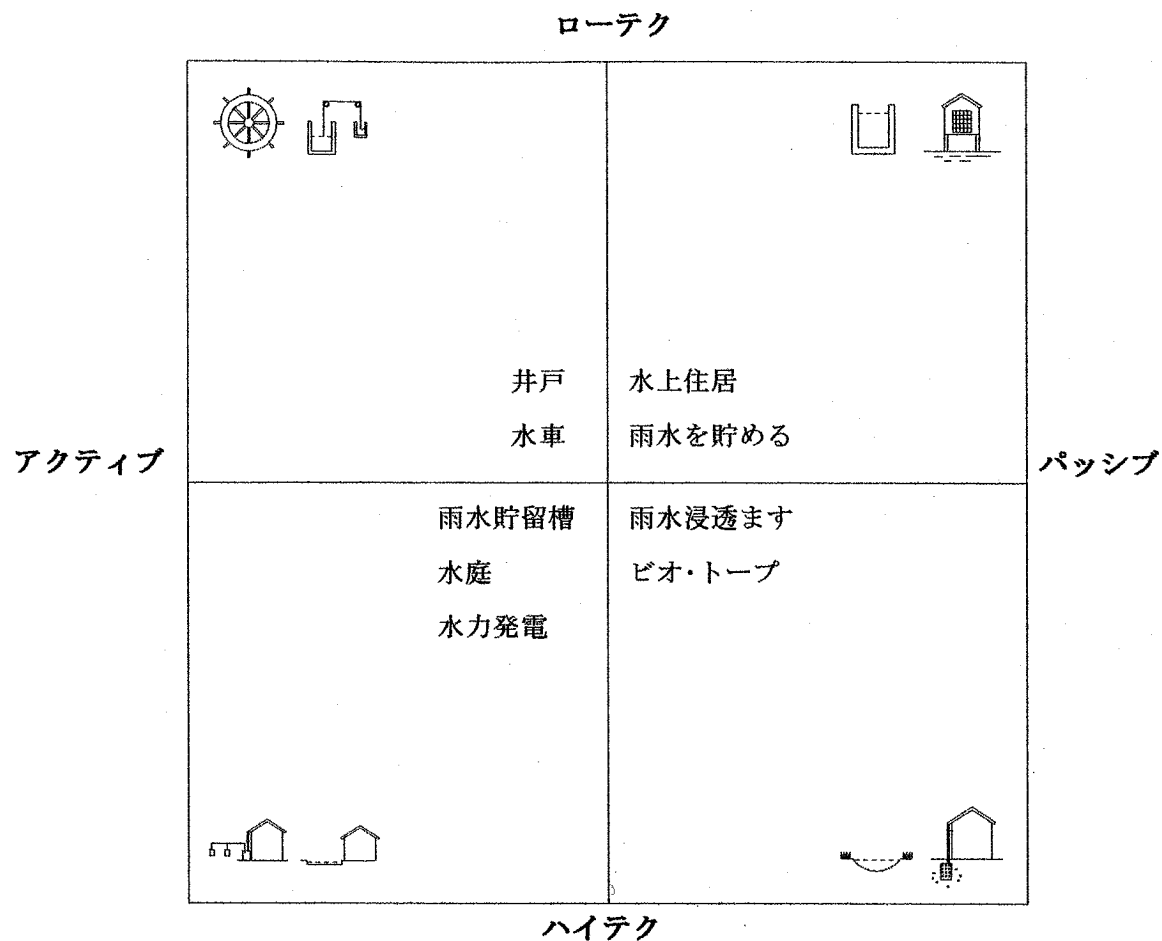
住環境を含む生態系の中に存在する水は、自然の池、川などのほかに、人工的に生態環境をつくりだすバイオ・トープもある。バイオ・トープは、多様な野生生物の生息可能な空間のことをいうが、その中には水を扱ったものが多い。その手法は、自然の池を生きのものが住める空間に再生したり、公園をバイオ・トープとしたり、川岸のコンクリート覆った壁面を崩して、元の土をあらわにし自然回復の工事を行うこともバイオ・トープとして含まれている。バイオ・トープはすでにドイツなど欧州では定着しており、生態系を取り込んだ空間づくりを棟単位で行い、居住空間に自然の生態系を甦らせることに成功している。この自然生態系の保全、復元、創出には効果的な管理方法が必要とされ、依然人工的な面が主であるため、水空間の創出における人工的な水モデルとしてバイオ・トープを位置付けることにする。

雨水といった自然現象により起こりうる水の存在は、住生活においては最も近い水の存在といえる。貯水した雨水を屋上緑化や庭の植物への散水に利用したり、住生活でのトイレの排水に利用したり、地下水を井戸から取るといった方法がとられている。また雨水貯留槽のほかに、雨水浸透ますの設置が進行しつつある。これは側面や底面に穴のあいた“ます”を地中に埋め、屋根の雨どいから流れ込んだ雨水をこの“ます”のなかにいれ、ますの穴から地中へ浸透していくという方法で雨水の浸透を促進している。

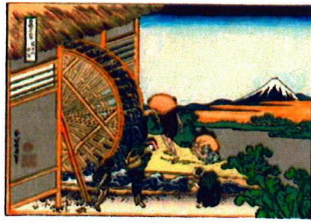
水は住生活のみならず、生態系にとっても重要な存在である。雨水は自然界の山に貯蓄

され、自然な形でしみ出し川や地下水となって生態系を支えている。森林では深さ1 mの土壌内に平方メートルあたり 0.2 m³の水を、1ha あたり 2000 トンの水を蓄えるといわれている。これを森林の水土保持機能といい、これらは自然界のシステムに従っている。山に生える木の葉が地面に落ちて土壌を形成し、その表層土が雨水の浸透を促進するというもとで自然界の水が確保されているが、現在では居住域が拡大するにつれて人工地盤や水をなかなか浸透させない土壌へと変化したため、自然のシステムが崩れてしまった。この負担を少しでも和らげるため、住環境において効率よく自然に回帰する形で雨水の土への浸透、地下水への移動を促進することが必要とされる。そのため住空間における緑化の重要性や、雨水貯留層、雨水浸透ますなどの利用が身の周りで今できることであろう。これらは生態系を支える水モデルといえる。

以上のような水モデルをもとに、の4つのカテゴリーで分類を行う。



水モデルでの分類は、すべてのカテゴリーにおいて分散、分類されている。分類される水モデルの中には、特定の地域性をもったものと、地域に関係なくなされるものがある。一方では地域における特殊性をもたせながら、同時に、よりパッシブな手法をもって水モデルを住環境に取り入れることが必要となるであろう。



葛飾北斎
富嶽三十六景



水車
飛驒高山



水上家屋
ペナン(ジェティ)



船宿
京都府与謝郡伊根町



Charles Coughlan
House
Meath in Ireland



水上家屋
マレーシア・サバ



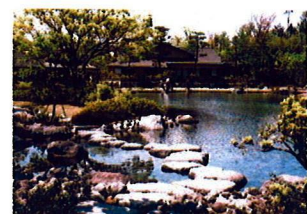
津山の家
村上徹



水の教会
安藤忠雄



本福寺水御堂
安藤忠雄



日本庭園



雨水浸透ます



ビオ・トープ
狭山市青柳



川のビオ・トープ
カールスルーエ(ドイツ)

Photo II-9

10. 地形と家

地形と家との関係は、居住形態において最もよく現れる。地形は生活様式、家の形態を決めるうえでの第一要素である。

平地であれば密集して家をつくり道ができ、やがて町になる。農村であれば分散型、そこが山であれば傾斜型、山を切り崩して平地にする人工型など様々である。

そこで地形と家との相互作用を示すモデルを探り、カテゴリー分類を行う。

● 地形モデル



地形モデルは、風土的・土着的になるほど明確に現れる。

中世イタリアに見られる山岳都市は、傾斜面に密集した住居を建て、自然と一体化した形態を現している。ウンブリア州にあるアッシジの町は、背後に山を置いて傾斜に沿って建物が並ぶ山岳都市である。イタリアには歴史的背景からこのような山岳都市が多数存在するが、建物を建てるのではなく、傾斜面の岩をそのまま掘って居住空間とする洞窟都市も存在する。イタリア半島南部にあるマテーラは、古くから岸壁を掘った穴に人が住んでいた。内部は外敵から逃れるために迷路のような複雑な都市を形成しているが、地形を変えるのではなく住居と地形が一体化したものである。これはトルコのカップパドキアでも見られ、やはり岩に穴を掘って居住空間としていた。カップパドキアの地下都市は居住空間を地下に設けたが、ウチヒサルでの洞窟住居は石灰岩を直接掘って住んでいた。マテーラ、ウチヒサルどちらにも共通しているが、時代が過ぎるにつれて洞窟から、半洞窟住居、住居と発展し、人工的に手を加えた住居が同じ場所に層を持ってつくられた。

地形に沿って居住域を広げた例として山岳都市を挙げたが、その他、地中海地方などにも見られる。ギリシャ・サントリーニ島の白い家々は、傾斜地に沿ってつくられた人工的な町であり、地中海の景観と一体となって風土性をよく表している。

これらの都市は、地形に沿って住居を建て住む（受動的）か、穴を掘って住む（能動的）かの差はあるが、どちらも地形と家との相互作用で現れたモデルである。

この風土性を強く表す地形モデルは、高い技術とデザインにより現代に復元されている。

スイス・ティツィーノにある、マリオ・ボッタ(Mario Botta)設計のリヴァ・サン・ヴィターレ (House at Riva San : 1973 年) は、ルガーノ湖畔にある山腹の急斜面に建つ。塔状の箱に穴をあけた外観をもち、さらに傾斜地と住居とを赤いブリッジで連結している。

同じような例では、安藤忠雄、六甲の集合住宅があげられる。リヴァ・サン・ヴィターレは塔状にすることで最小の居住空間で傾斜面に建っているが、六甲の集合住宅は傾斜面に沿って段状に配置され、広い範囲にわたって斜面を削って建物を埋め込むことで、山の斜面と一体化した視覚的効果を狙っている。これらは多少手を加えているものの、自然の地形をできるだけ変化させることなく、より高い技術を駆使してつくり上げた地形モデルである。

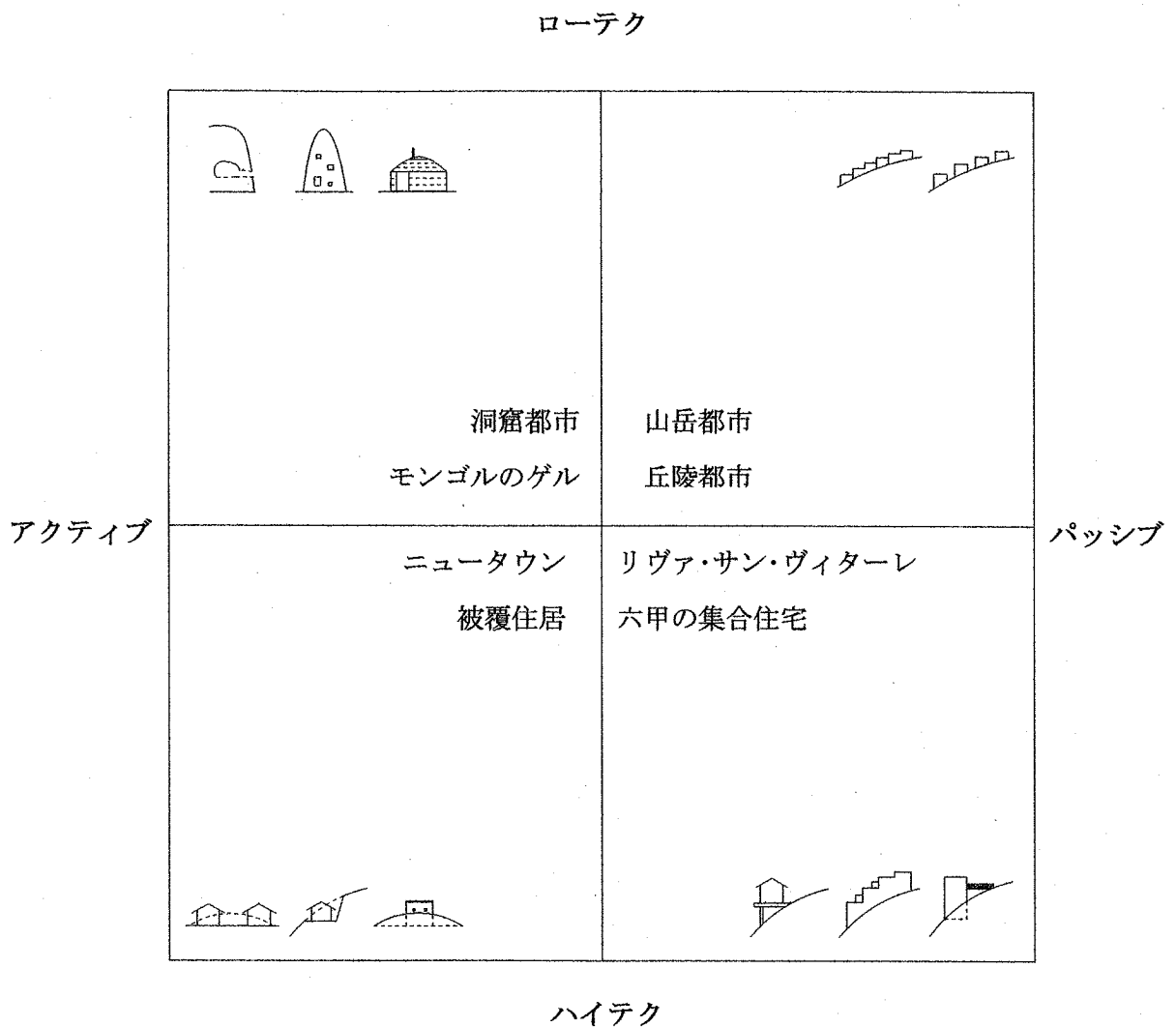
これまでの地形モデルは、自然の地形を変化させることなく、環境に適応する形で存在したが、人工的技術に頼って地形を変化させたモデルもある。山を削り平地としたところに住宅を建てたり、地面を人工地盤で覆い、新たな地形をつくることもある。山を大幅に削ってつくるニュータウン開発は、この典型である。平らな土地に並べられた非個性的な住居群は、画一性を生むばかりか生態系にダメージを与え続けてきた。その結果、生態系のシステムを変化させる危険性をもつこととなったのである。これは極めて人工的かつ能動的なモデルである。

また山などを削り平らな地盤をつくるのとは逆に、建物の周りに土を盛って固める被覆建築がある。Yokshire にある Arthur Quarmby の自邸や、兵庫県芦屋市にある安藤忠雄設計のコシノヒロコ邸はその例であるが、岩を掘って住むのと同様に、居住域を土で覆うことで自然と一体化した空間をつくっている。さらに被覆層が断熱効果をももたらしている。この被覆住居は土を覆うことで人工的に地形を変化させたモデルといえる。

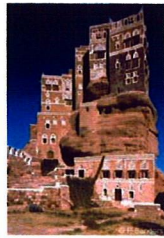
地形を変化させず、地形に合わせもしないモンゴルのゲルは、地形との関係をもたない。移動型の住居形式は、地形との継続的な相互作用を持たないが、それはあるサイクルの元に地形と家とが一時的な相互関係を築くことで、人にとっての最適な居住空間を確保する目的を持つ。これは地形と人の生活様式と家との相互作用が働いたモデルといえるだろう。地形と家との相互作用は技術の発展とともに一般的な人工モデルをつくり上げたようにも

思える。地域的風土性とは同意的なのである。

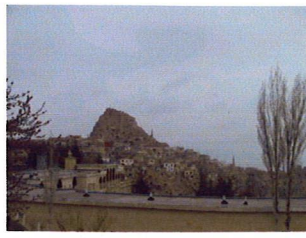
以上のような地形モデルをもとに、4つのカテゴリーを用いて分類を行う。



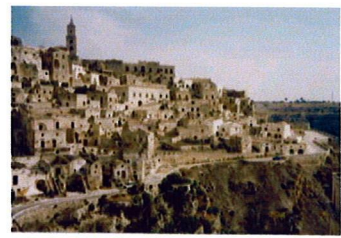
地形モデルによる分類は、地域性をよくあらわしている。それは地形に合わせた居住形態をもつか、地形を変化させて居住域をつくるかの2つに分けられる。地形モデルでは、パッシブ・ハイレクが今後の課題とされるだろう。地域性をもっともよく表すのは地形であり、それを可能な限り変化させることなく、技術を用いて地域に適した居住域を築くことが必要となる。



イエメン
サヌア旧市街



トルコ
ウチヒサール



イタリア
マテーラ



イタリア
サンジミアーノ



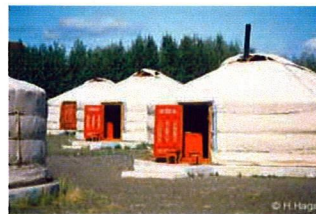
ギリシア
サントリーニ島



イタリア
アッシジ



イタリア
トレヴィの町



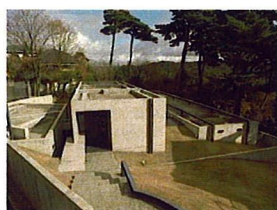
モンゴル
ゲル



リヴァ・サン・ヴィターレ
ティチャーノ(スイス)
マリオ・ボッタ



Arthur Quarmby
Yorkshire



コシノヒロコ邸
兵庫県芦屋
安藤忠雄



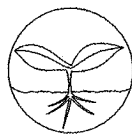
六甲の集合住宅
安藤忠雄

11. 植物と家

植物と家との関係は、住環境と周辺環境とにより変化する。周囲に自然があればそれを取り込み、敷地があれば人工的に庭をつくり、敷地がなければ家の中に植物を持ち込む。それは常に人の意識的な選択により行われてきた。

ここで植物と家との相互作用を示すモデルを探り、カテゴリー分類を行う。

● 植物モデル



生態系の中にある植物は、自然の中にあってそれぞれの植生をもつ。それは棲み分けとも呼べるもので、ある地域に集合して生育している植物の全体を占めず。植物や動物は、生態系の中で適合し自らの環境を形成していく。それは環境との関係において順応するのであり、環境形成を意識的に適応するのとは異なる。前者は人間以外の生物であり、後者は人間である。人間のつくる家は当然適応であり、家を主体とした一方的な環境形成を行っている。

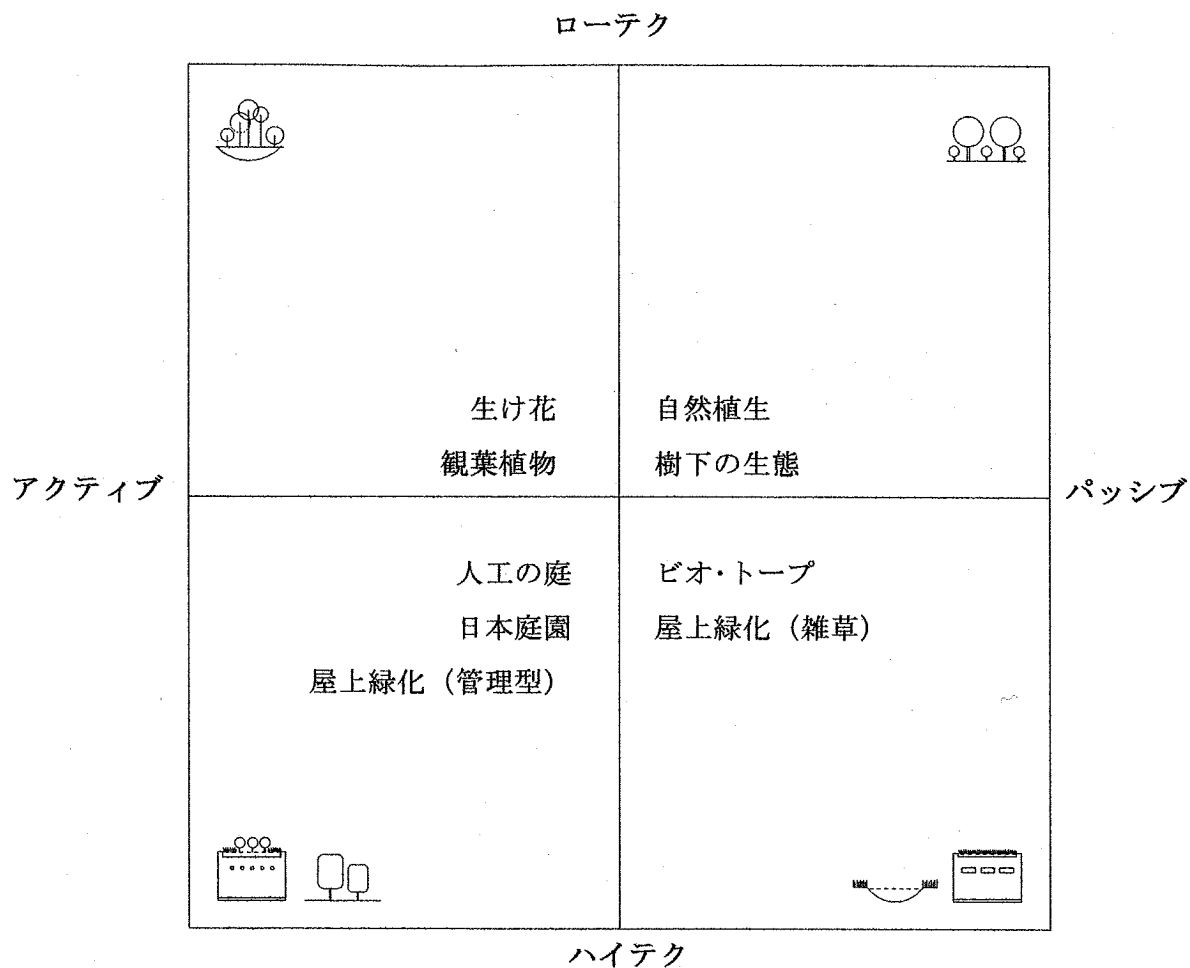
植生を考えるうえで重要なのは、植物の自然植生に学ぶ順応である。独自の主体的環境形成を行うのではなく、総合的環境の中で適合した関係を築く建築の植生モデルである。住環境における植物の植生を考える場合、一つの考え方として潜在植生を扱うという方法がある。それはもともとそこに生えるであろうという植物を自然のままに生えさせ、住環境に取り込むというものである。地域的にも生態的にも最適な植物は、環境の中で役割をもっている。それは保水であったり、植物や木の根による地盤の保持であったりと様々である。植物の根は雨を受け止め、土壌をつかんで地盤を保ち、さらに土にすき間をつくることで地下への水の浸透を促進する。樹であれば葉を落とし、それが土壌の養分となり微生物が育ち、やがて生物循環へとつながる。植生は自然のサイクルを呼び起こす基本的要素であり、もっとも単純なモデルである。しかし自然のままに手を加えることなく植物を取り込むのは難しい。植物の生長リズムは人間の生活リズムと合わない。予測を超えた生長スピードは、人間の生活空間を逆にとり込んでしまいかねないのである。

自然の植物を居住域で人工的に取り込んだものとして、9.水モデルでも取り上げたバイオ・トープがある。9.水モデルでも人工的なモデルとして扱ったが、ここでも同様である。生態系の保全、復元、創出のために、生物の住める場所をつくり出すことで、自然のままの相互作用を生み出そうとしている。

またバイオ・トープのような広域によるものではなく、直接家に草をはやす屋上緑化もある。これは人工的であるが、一度草を生やしたらそのまま手を加えないものと、屋上ガーデンのように水をスプリンクラーで撒かねばならないものとに分けられる。前者はパッシブであり、後者はポジティブである。現在の住居の庭などは後者であり、人工管理型が定着している。日本庭園やガーデニングもそうであるが、観賞用としての植生とはまったく関係のない植物を無作為に植えるこれは、完全な人工モデルである。Part I.3 で採り上げたネクスト 21 も人工モデルであり、建物から生えたように見える植物は、人工管理の下でのみ存在しているのである。

その他、植物を意識的に居住空間に取り入れたモデルもある。自然のもの、人工のものと両方あり得るが、例えば生け花は日本独特のもの、観葉植物のようなもの、鉢植えされた植物などもこれである。人の手を加えたものには違わないが、管理の手間が少ないという点ではローテクでアクティブな植物モデルといえるだろう。

このような植物モデルをもとに、4つのカテゴリーを用いて分類する。



植物モデルの分類は、住環境での間接的作用と直接的作用とに分けられる。ローテクは前者であり、ハイレクは後者である。植物モデルは住環境の内、外ともに分類されているが、生態学的な住環境の創造には、よりパッシブな手法での植物モデルが適当である。



エコ・ハウス
Horst Smitges
Linzenback(ドイツ)



レインボー・バレー・ファーム
ジョー・ポラッシャー
ニュージーランド



屋上緑化
スカンジナビア



オリンピック国立公園
ワシントン州



イングリッシュガーデン
ウェールズ



イングリッシュガーデン



ガーデニング



日本庭園
京都大徳寺大仙院庭園



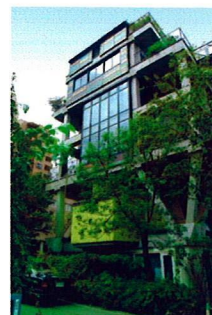
生け花



タンポポハウス
習作舎一
東京都国分寺
1995



OCAT屋上ガーデン



ネクスト21
大阪ガス

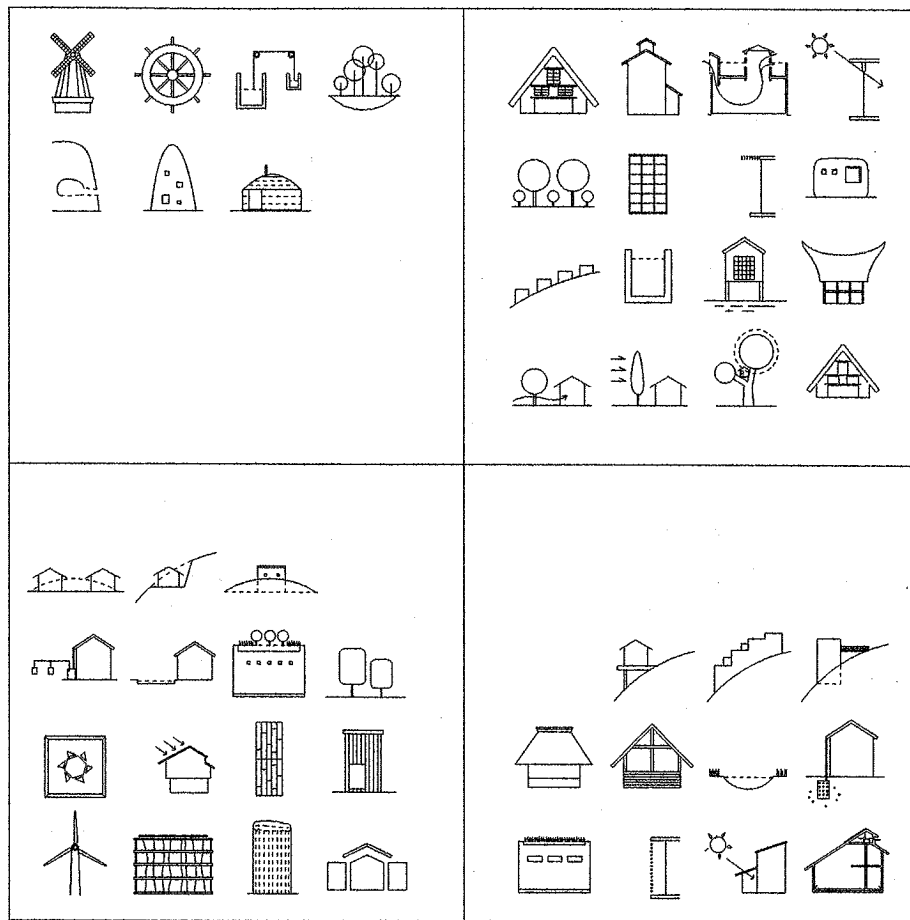
Photo II-11

●全モデルの四分表

ローテク

アクティブ

パッシブ



ハイテク

ここで木陰環境とあわせて、木の断熱性能についても触れたい。

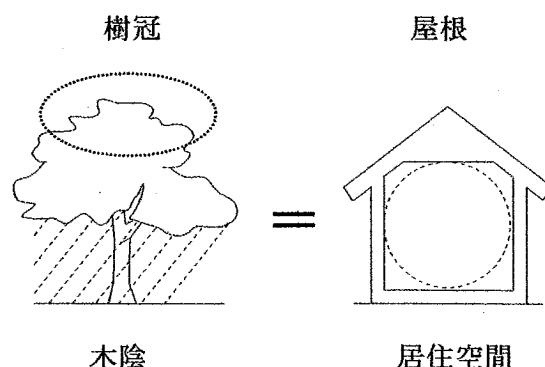
「環境素材としての「木陰」の研究」で行っている3つのベンチの実験を挙げる。

木、コンクリート、アルミで作られた3つのベンチがある。木のベンチの表側表面温度は57.4℃、コンクリートは53.51℃、アルミは38.1℃に比べ、ベンチの裏側の表面温度は、木で34.0℃、コンクリートで37.9℃、アルミで38.1℃であった。この結果、コンクリートは熱容量が大きく、アルミは表裏温度が同じであるのに比べ、木の断熱性能が優れていることが分かる。コンクリートの家は、日射浸透を防ぐ屋根の外断熱が不可欠であり、アルミの家は居住環境には向かない。木の家は住宅として最適であるが、外断熱に優れているためウッドデッキには不向きである。なぜなら木の表面でさえぎられた熱が風で運ばれて部屋の中に入ってくるからである。木は断熱性能においては外断熱のみということを頭において、かしこい選択をするべきだろう。

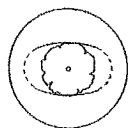
Part II 8. 木の家でも示したとおり、木はCO₂を固定し、材として家を支えるほか、生態システムの循環を促した。そればかりか日射吸収、反射などの断熱性能から木陰モデルにおけるまで、住環境のヒントを秘めているといえるだろう。木は生態モデルそのものである。

このような木陰モデルは、地面からの照り返しの防止にも効果的である。木や植物などの緑面を増やせば、日射吸収と日射断熱、風の作用とにより照り返しを防ぐ。断熱性を与えるには木であれば影の移動を考慮して、感覚をあけずに密集して植えなければならない。しかしこのような密集林には逆に住居への通風を妨げるという例もある。木のための木陰効果に頼るのではなく低層の植物により、太陽熱を反射・吸収する緩衝地帯をもうけることで、居住空間への熱の侵入を防げるのではないだろうか。

これは次章 13. 日影においても同様である。



12. 木陰モデル



住環境のモデルを探るにあたり、木陰環境を例にして説明する。

夏の炎天下の中、木陰だけは涼しく感じる。それはなぜなのか。

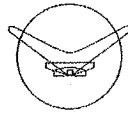
木陰が涼しいのは、朝の冷気を木の下に保存しているからである。

木陰環境を支えるためには、木の樹冠が重要な役割を果たす。木の頂部にある樹冠は、太陽の熱を受け止めて反射し、下に熱が伝導するのを防いでいる。それは木の葉で受け止めた熱を、風が瞬間的に取り去るためである。樹冠は熱を受けるため、葉の表面温度は高温になる。「環境素材としての「木陰」の研究」によると、外気温 30℃のとき、日向にあるツバキの葉の表面は 45℃にも達するが、木陰では 32℃にまで下がっている。これは上下に重なった葉の層が熱を受け止め、葉の間の空気層を風が通り抜けることで熱を取り去るという仕組みが整っているからである。

一本の木と住居を照らし合わせてみると、木の樹冠は家の屋根であり、木陰は居住空間である。木陰にとって樹冠での断熱が重要なように、居住空間においても屋根の断熱が必要不可欠であるのは当然である。重要なのは家の中に暑い所と冷たい所をつくるということだ。これは Part II 6. 風モデルでも述べたように、大気の温度差を利用することで夏の日の熱対流換気が可能となる。木の葉の間を風が通って熱を持ち去るように、居住空間にも自然でパッシブなシステムでの換気が必要なのである。

屋上緑化を例にあげると、緑化をしても大して断熱には繋がらなかったという報告がある。草が表面いっぱい覆っていたら効果はあるが、まばらな植生では意味がないのである。それは断熱にとって重要なのが草や土ではなく、その下にある空気層が大切だからである。つまり住宅の屋根断熱は、屋根と天井に達するまでの間の空気層が重要なのであって、屋上緑化が必要不可欠というわけではないのである。この木の樹冠の仕組みと木陰との関係が住環境における一つのモデルとなる。

13. 日影シミュレーション



建築の植生を考えるにあたり、植物の植生のしくみから得たヒントを示す。

その中でも針葉樹林帯と広葉樹林帯から雑木林を例に説明する。

杉、ヒノキといった針葉樹林は人工林が多く、木を間引くなどして生長を促さねばならない。間引く、枝打ちなどを行った林は、木の間から陽光が差し込み、広葉樹や雑木林の生育を促進する。しかし自然のままの針葉樹林帯は林の中にまで日の光が入らないため、樹下のもとでの他の生長を抑えてしまう。

一方ブナ林などの広葉樹林は、高木層、低木層、草木層などからなる。背丈の違う木々の間からは光を通し、樹下の生態では植物の棲み分けが見られ、動物も多数生息する。広葉樹林帯が針葉樹林帯に比べ保水能力が高いのはこのためであり、保水力は人工林の 10 倍ともいわれている。さらに樹林は根、幹、葉、土壤に水を蓄え、1 時間に 300mm 以上の雨を受け止め、土壤をつかむ力は 1300kg ともいわれている。

このように針葉樹林と広葉樹林を比べて分かることは、針葉樹では林内に光が入らず単種の木しか育たない環境よりも、様々な種類の木や植物が育つ雑木林の方が生態系を支えているといえる。これを建築の植生に置き換えて考えるならば、ビルの谷間にある住居は針葉樹林で、田園にあるまばらな民家は広葉樹であろう。また団地開発などで等間隔に並べられた住居群は人工林そのものであり、意味もなく配列されたそれは動くことを許されない花壇の花のようでもある。木の葉が太陽に向け日射を最大限に受けるように、住宅にもそれと同じしくみが必要である。そこには太陽と家との関係が現れる。家と家とが互いに邪魔をせず、住宅の影の下（住環境）で植物や生物を育み、生態系を支えるシステムの一部として住環境を位置づけることが建築の植生にとって必要なことである。

そこで日影シミュレーションをもとに、建築植生の効果的配置を模索してみたい。

また建築面積と日影長さの関係図、冬至日影モデルなどを資料として次項に示す。

資料1 建築面積と日影長さの関係表

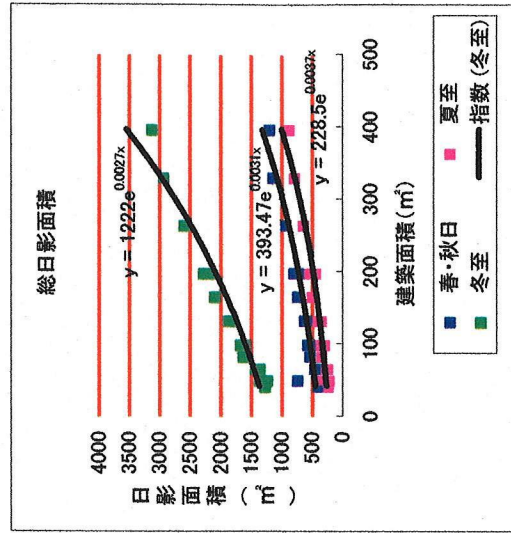
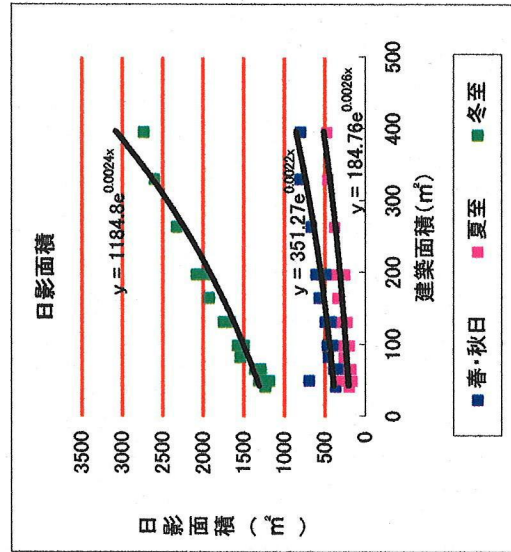
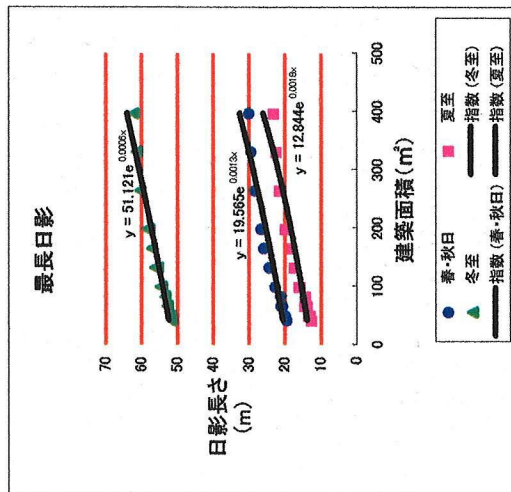
敷地面積 (㎡)	建築率 (%)	建築面積		最長日影(m)			総日影面積(㎡)			日影面積(㎡)		
		(坪)	(㎡)	春・秋日	夏至	冬至	春・秋日	夏至	冬至	春・秋日	夏至	冬至
25坪 82.5㎡	50	12.5	41.3	19.51	12.63	51.5	404.77	239.49	1271.65	363.47	198.19	1230.35
	60	15	49.5	19.89	13	51.93	739.1	363.39	1361.46	689.6	313.89	1311.96
50坪 165㎡	30	15	49.5	20.13	13.39	51.82	363.06	215.55	1230.66	313.56	166.05	1181.16
	40	20	66	20.65	13.82	52.56	451.71	277.12	1430.85	385.71	211.12	1364.85
	50	25	82.5	21.24	14.32	53.31	538.16	337.25	1625.11	455.66	254.75	1542.61
	60	30	99	22.73	15.75	54.72	564.88	369.61	1670.49	465.88	270.61	1571.49
100坪 330㎡	20	20	66	21.1	14.39	52.71	397.91	242.89	1355.94	331.91	176.89	1289.94
	30	30	99	22.79	16.1	54.27	468.53	297.21	1592.1	369.53	198.21	1493.1
	40	40	132	24.32	17.46	56.18	625.37	420.29	1873.44	493.37	288.29	1741.44
	50	50	165	25.88	18.19	57.08	732.38	499.78	2088.01	567.38	334.78	1923.01
200坪 660㎡	60	60	198	26.4	19.49	58.34	800.54	554.25	2273.67	602.54	356.25	2075.67
	20	40	132	24.04	17.35	55.5	542.54	354.03	1799.26	410.54	222.03	1667.26
	30	60	198	26.6	19.94	57.87	663.2	449.95	2168.93	465.2	251.95	1970.93
	40	80	264	28.42	21.52	60.32	931.75	639.25	2588.08	667.75	375.25	2324.08
	50	100	330	29.36	22.42	61.45	1135.21	790.88	2929.51	805.21	460.88	2599.51
	60	120	396	30.07	23.13	62.14	1194.92	871.61	3128.22	798.92	475.61	2732.22

(㎡)	春・秋日	夏至	冬至
41.3	19.51	12.63	51.5
49.5	19.89	13	51.93
49.5	20.13	13.39	51.82
66	20.65	13.82	52.56
66	21.1	14.39	52.71
82.5	21.24	14.32	53.31
99	22.73	15.75	54.72
99	22.79	16.1	54.27
132	24.32	17.46	56.18
132	24.04	17.35	55.5
165	25.88	18.19	57.08
198	26.4	19.49	58.34
198	26.6	19.94	57.87
264	28.42	21.52	60.32
330	29.36	22.42	61.45
396	30.07	23.13	62.14

(㎡)	春・秋日	夏至	冬至
41.3	404.77	239.49	1271.65
49.5	739.1	363.39	1361.46
49.5	363.06	215.55	1230.66
66	451.71	277.12	1430.85
66	397.91	242.89	1355.94
82.5	538.16	337.25	1625.11
99	564.88	369.61	1670.49
99	468.53	297.21	1592.1
132	625.37	420.29	1873.44
132	542.54	354.03	1799.26
165	732.38	499.78	2088.01
198	800.54	554.25	2273.67
198	663.2	449.95	2168.93
264	931.75	639.25	2588.08
330	1135.21	790.88	2929.51
396	1194.92	871.61	3128.22

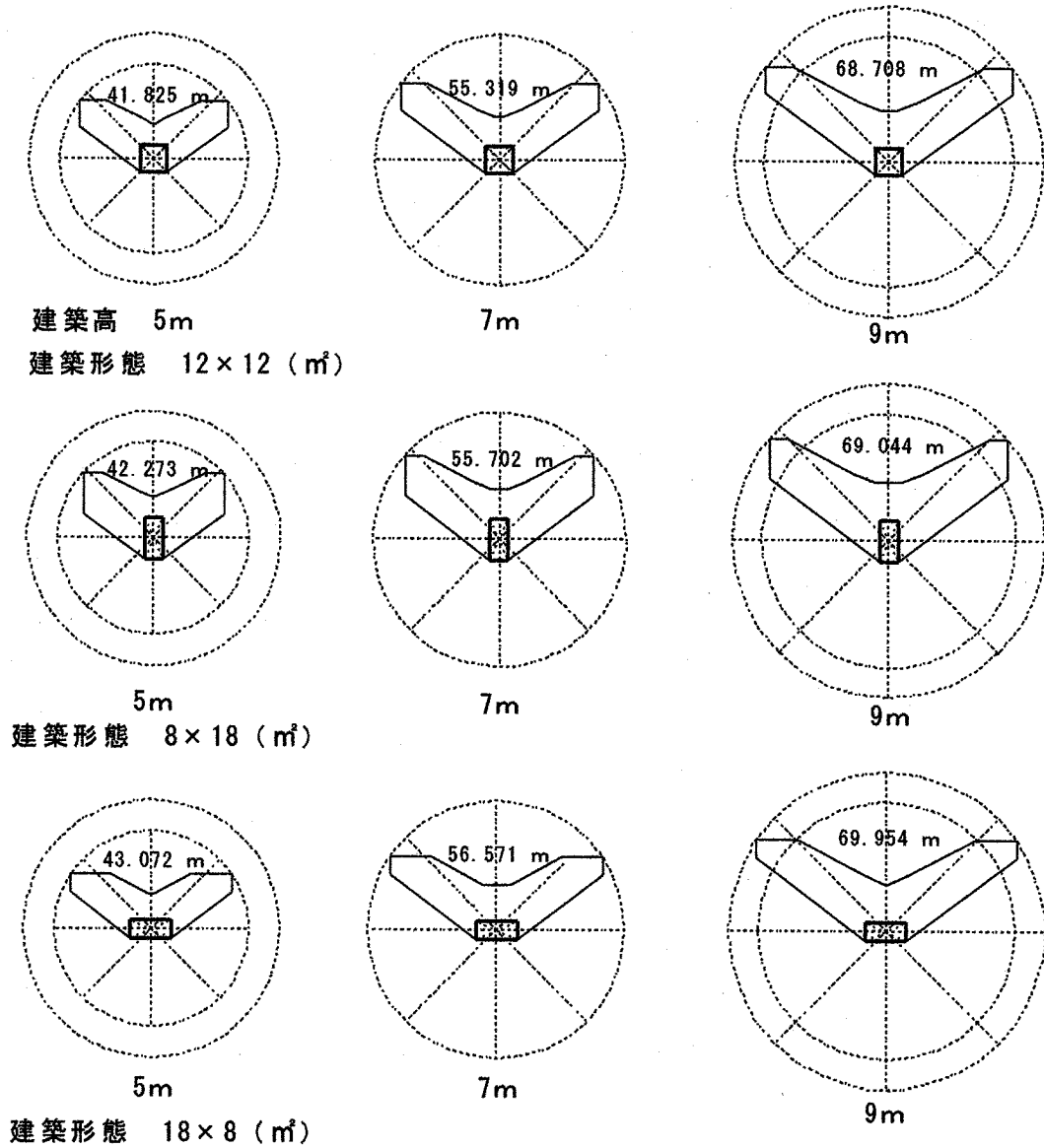
(㎡)	春・秋日	夏至	冬至
41.3	363.47	198.19	1230.35
49.5	689.6	313.89	1311.96
49.5	313.56	166.05	1181.16
66	385.71	211.12	1364.85
66	331.91	176.89	1289.94
82.5	455.66	254.75	1542.61
99	465.88	270.61	1571.49
99	369.53	198.21	1493.1
132	493.37	288.29	1741.44
132	410.54	222.03	1667.26
165	567.38	334.78	1923.01
198	602.54	356.25	2075.67
198	465.2	251.95	1970.93
264	667.75	375.25	2324.08
330	805.21	460.88	2599.51
396	798.92	475.61	2732.22

資料1-2 建築面積と日影長さの関係グラフ



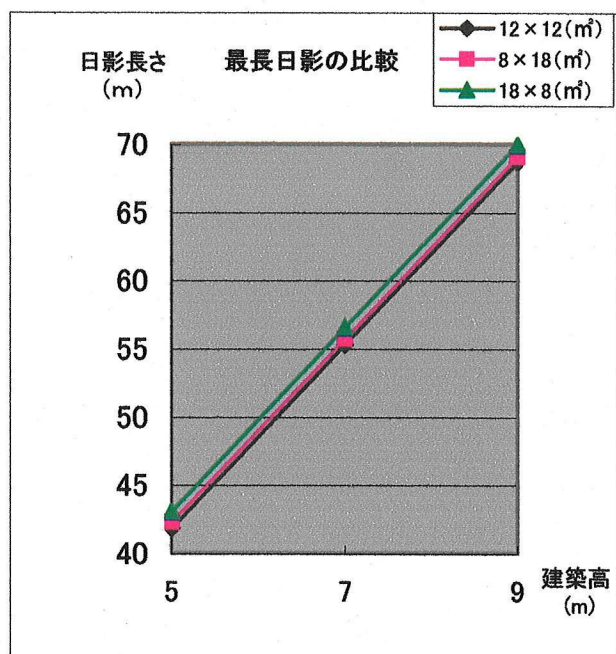
※日影長さは家の中心点から日影が最長になる点を結び、その距離を測ったものである。
 日影面積は、春・秋・日、夏至、冬至において8時から16時の間に地面に降りた日影部分の全面積である。
 総日影面積は、建築面積と日影面積をあわせたものである。
 ※グラフの点がまばらなのは、同じ建築面積のデータが複数含まれているためである。

冬至モデル比較 (建築面積224㎡)



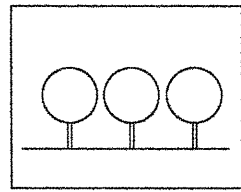
資料 13-4 冬至季における同面積、異形態の建物と違う高さの建物の最長日影を比較する。

	建築形態(xy m ²)		
建築高	12×12(m ²)	8×18(m ²)	18×8(m ²)
5	41.825	42.273	43.072
7	55.319	55.702	56.571
9	68.708	69.044	69.954

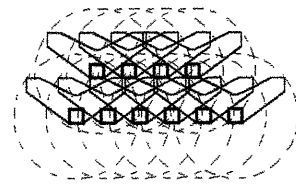


資料 13-5 冬至モデル比較表

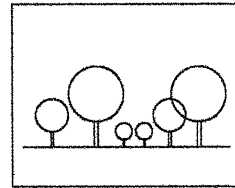
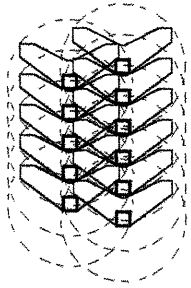
同面積で異なる建築形態を比較すると、横長の建物 (18×8 m²) よりも、奥行きの長い長方形の建物 (8×18 m²) の方が、日影長さが短い。この二つの建物日影の差は、建築高が変わるにつれて約 0.8、0.87、0.91 と変化している。同じ敷地面積で敷地計画を行う場合、なるべく冬至における最長日影の短い建築形態を選択するほうが効率がよいといえる。しかしこれは並列連鎖の建物を基準とした場合であり、様々な形の建物を配置する場合、その配置は複雑になる。このような日影との関係で行った建物の配置分析を、次項に示す。



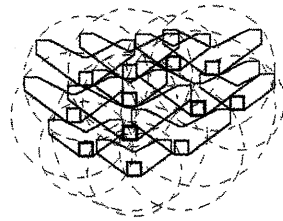
人工林



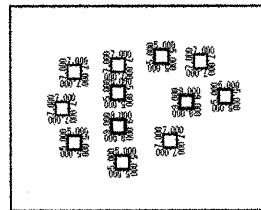
同じ形・同じ高さの建物が
等間隔に並ぶ



広葉樹林

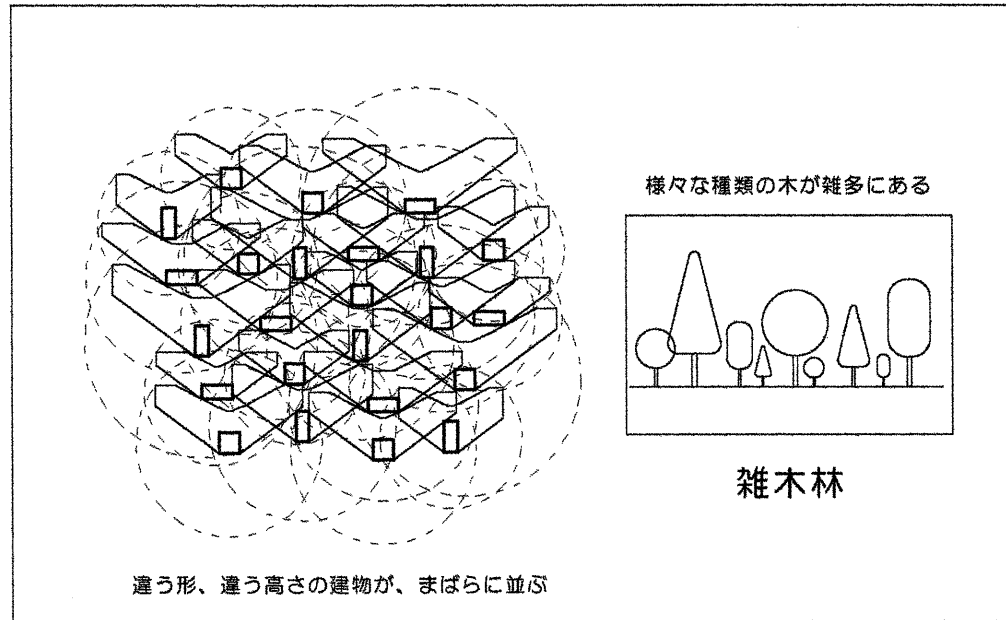


同じ形・違う高さの建物が
まばらに並ぶ



林が森になるように
人工林が針葉樹林、広葉樹林へ、そして雑木林になるように
建築の植生の移り変わりを表す

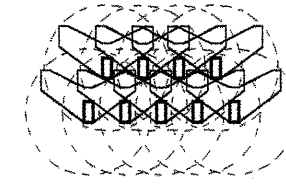
日影シミュレーション 資料13-6



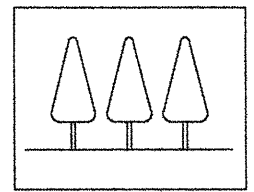
様々な種類の木が雑多にある

雑木林

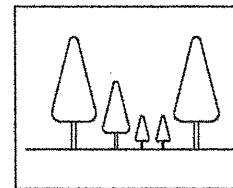
違う形、違う高さの建物が、まばらに並ぶ



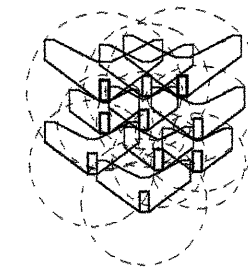
同じ形・同じ高さの建物が
等間隔に並ぶ



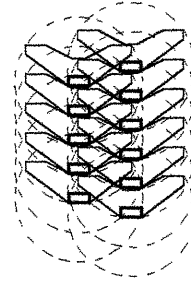
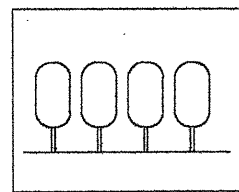
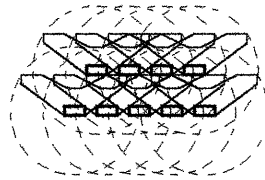
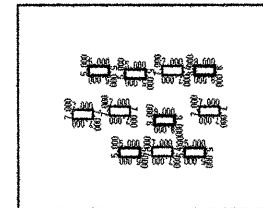
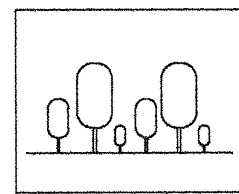
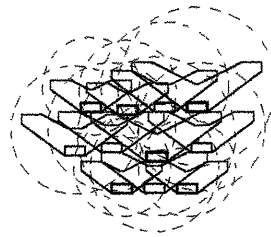
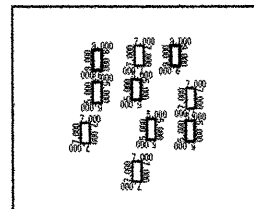
人工林



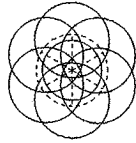
針葉樹林



同じ形・違う高さの建物が
まばらに並ぶ



PartⅢ. 展開



PartⅡでは生物学的にみた相互作用により、プロトタイプをそれぞれ導き出した。これらはそれぞれ人間・住居との間での相互作用モデルであった。今後はさらに生態学的にみたモデルを総体的相互作用へと発展させていく。

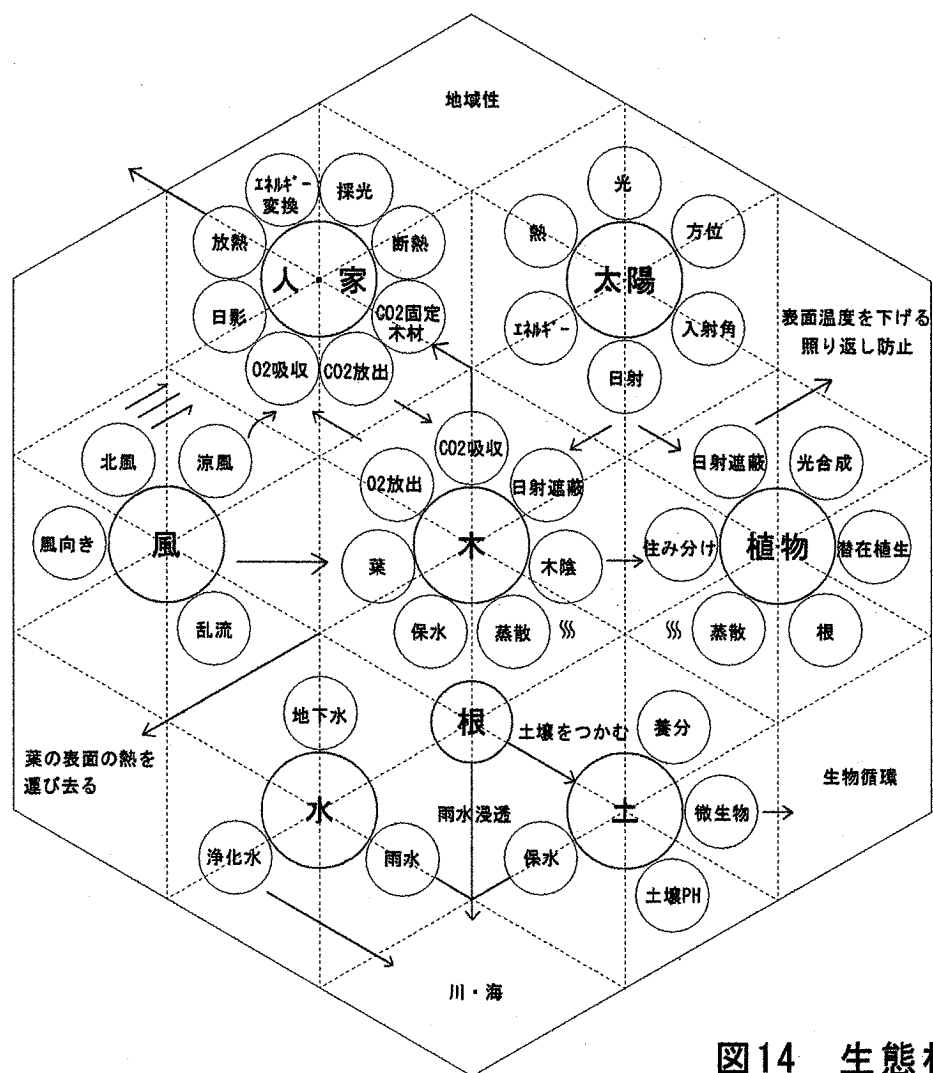
14. 相互作用から他感作用へ

他感作用とは「アレロパシー：allelopathy」を日本語に直した語であり、微生物を含む植物相互間生化学的な関わり合いを広く指す生物学的用語である。具体的には「ある一種の生物が生産する化学物質が環境に放出されることによって、他植物に直接又は間接的に与える作用を指している。この作用には植物や微生物の生育を阻害する場合と促進する場合の両方が含まれる。(植物情報物質研究センターより)」

この他感作用を住環境に置き換え、ある一つの生態学的要素が他の要素に直接または間接的に与える影響を示し、その相互作用を明らかにする。さらに総体的な相互作用を見ることで、他感作用をもった住環境の創造と、生態学的システムの一部としての住環境の位置付けを行う。

PartⅡで導きだしたモデルには、太陽、風、木、水、植物、地形があった。これらはそれぞれ独立したモデルであり、家との間の縦の関係はあっても横の関係は薄かった。このモデルの要素を分解し、相互に影響しあう関係を図14生態相関表に示す。

さらにPartⅡのモデルと生態相関表をもとに、ダイアグラムの作成を次項で行う。



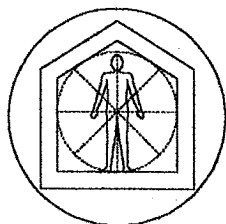
15. 生態相関図 (Eco-Circle)

生態相関図の作成にあたり、生態学的モデルの分類を再度行う。

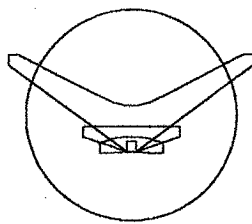
人間・家、太陽、風、木、水、植物、地形のモデルを 12 に分類する。これらの要素は、住環境における生物学的プロトタイプとなる。

1. 人間と住居
2. 日影図 (建物と影)
3. 太陽 (光・熱・エネルギー)
4. 風 (強さ、自然換気、エネルギー)
5. 風配図 (ウインドローズ、風向、風速)
6. 木 (材、CO₂ 固定、保水力、地盤を固める)
7. 水と土 (保水性、地下水)
8. 木陰 (木陰図、木陰モデル、被緑)
9. 植物 (自然植生、樹下の生態(植物－土壌－微生物)、生態系の保持)
10. 防風林 (木と風)
11. 地形 (地域性、風土性、土着性)
12. 雨水浸透

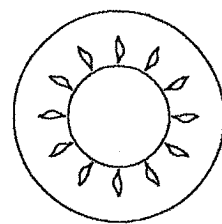
これら 12 の要素をもとにした生態学的モデルを図 15-1 に示し、さらに生態相関図 (Eco-circle) を次項で作成する。



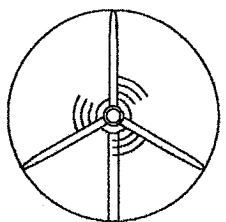
1. 人間 - 住居



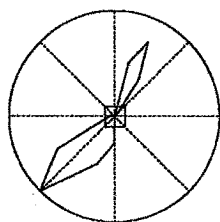
2. 日影図



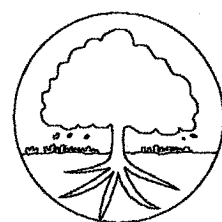
3. 太陽



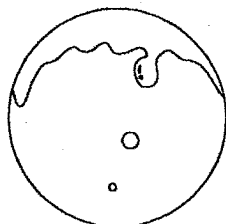
4. 風



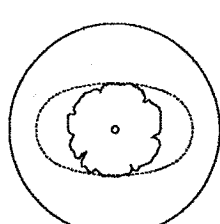
5. 風配図



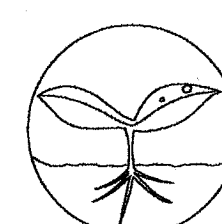
6. 木



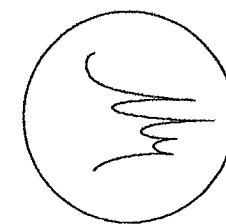
7. 水



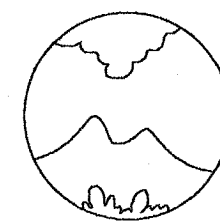
8. 木陰図



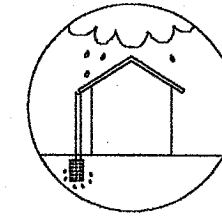
9. 植物



10. 防風林



11. 地形



12. 雨水浸透

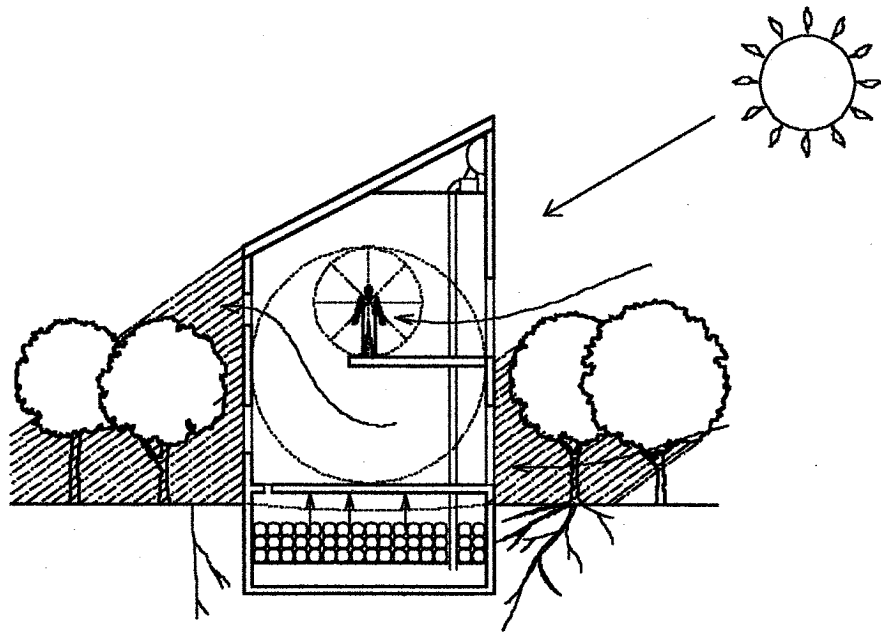
図 15-1 生態学的モデル

● Eco-circle（生態相関図）

12の要素からなるEco-circleは、生態学的相関をもった住環境のモデルである。

Eco-circleは一つのモデルがそれだけで完結するのではなく、それぞれの要素が生態学的相関をもち、互いの影響を受けその存在を常に感じる他感作用をもつ。それは住環境を生態系のシステムの中に取り込み、サステナビリティをもった環境の創造につながる。この生態系の循環システムをもったモデルを住宅デザインの生物学的プロトタイプとし、これを“Eco-circle”と名づける。

ここで生態相関図にかかわる人間と住居を含む住環境の一つのモデルを示す。

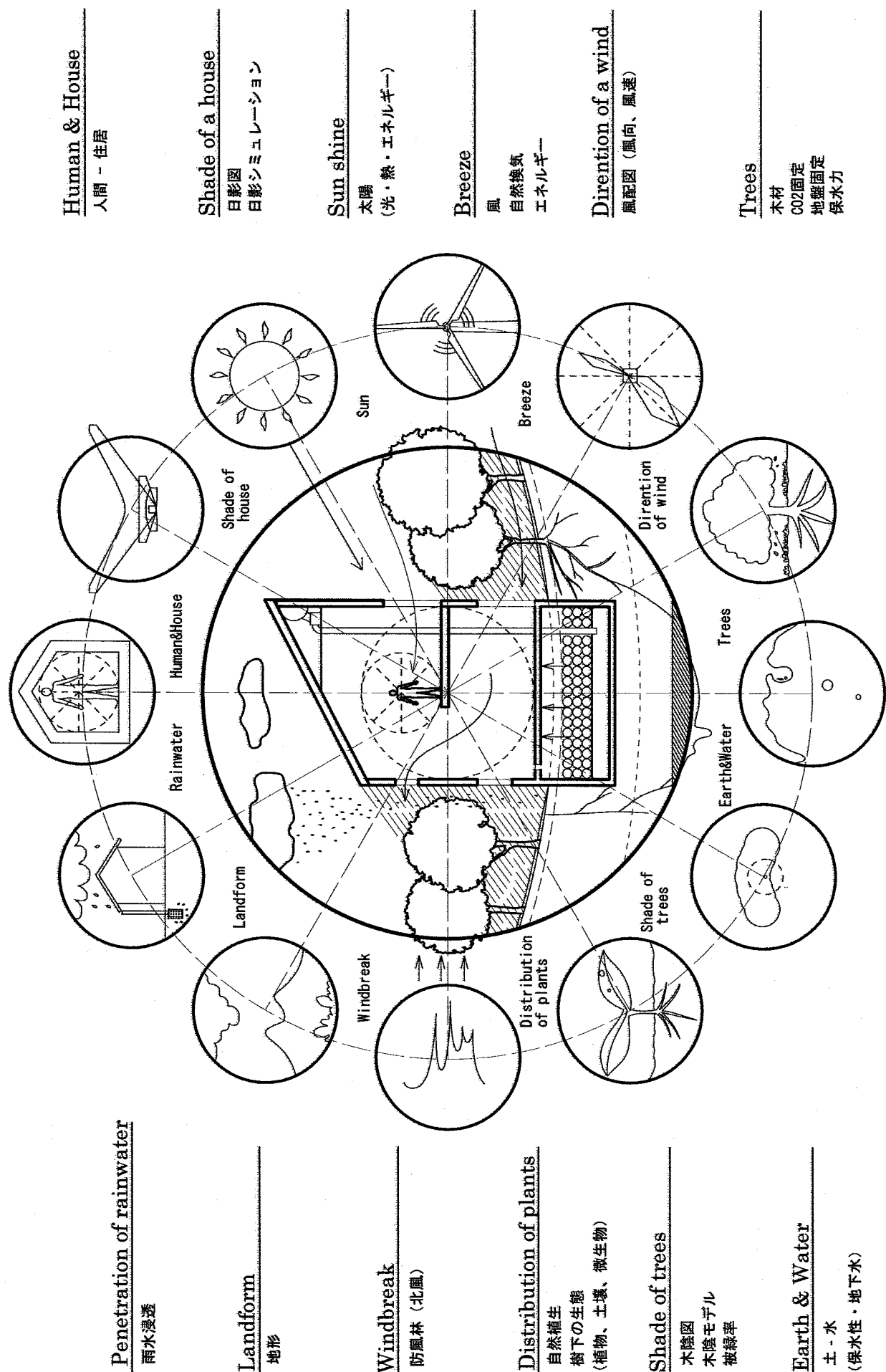


住居は外環境からの影響を受け、人間はその影響を住居の中で間接的に受ける。太陽からの日射を住居の外壁で受け止め、熱貫流による輻射を壁から受ける。夏は高度の高い太陽からの熱を屋根で受け止め、冬は高度の低い太陽の日射を窓から取り込む。冬は壁面で太陽の熱を吸収して屋根裏で集熱し、その熱を地下へと送る。そして地下に埋め込まれた石に蓄熱さ

れ、床下からゆっくりと放熱する。風は窓から入り込み、家を通して反対の窓から抜けていく。窓を閉めて密閉すれば外環境から切り離され、開ければ風が直接室内に入り込む。住空間に設けられた換気口で換気をし、外環境に近い空気の流れで微空間をつくり出す。太陽から射す光は木と家との間に影を下ろし、木陰環境で育つ植物とともに日射の照り返しを防ぐ。庭の木は地面に根を張り地盤を固め、雨を保水し、土で水を浸透させる。樹下の生態では生物循環がおこり、地下へと浸透した水はめぐりめぐって雨となる。

このような生態系の循環システムとして住環境を位置付けることが必要である。さらにそこでは地域性（風土性、土着性）と多様性がキーワードとなる。住宅デザインの生物学的プロトタイプとは、住環境を含む生態システムの持続可能性と、地域性、多様性をもった原型といえるだろう。

この住宅デザインの生物学的プロトタイプをもとに、生態学的要素をもった住環境を創造していく。



Human & House
人間 - 住居

Shade of a house
日影図
日影シミュレーション

Sun shine
太陽
(光・熱・エネルギー)

Breeze
風
自然換気
エネルギー

Direction of a wind
風配図 (風向、風速)

Trees
木材
CO2固定
地盤固定
保水力

Penetration of rainwater
雨水浸透

Landform
地形

Windbreak
防風林 (北風)

Distribution of plants
自然植生
樹下の生態
(植物、土壌、微生物)

Shade of trees
木陰図
木陰モデル
被緑率

Earth & Water
土・水
(保水性・地下水)

Part IV. 設計

16. 再モデル化

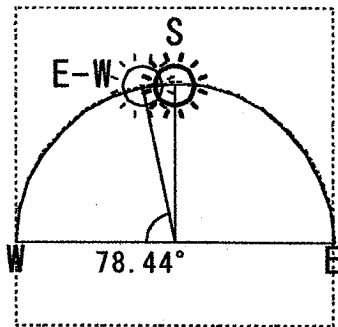
PartⅢ15.住宅デザインの生物学的プロトタイプをもとに、生態学的住環境の設計を行う。
また生態系の中で他感作用を生むデザインの創造を目的とする。

まず住宅デザインの生物学的プロトタイプを構成する12のモデルをそれぞれ取り出し、モデルに含まれる要素を抽出し、設計の便宜上、再モデル化する。さらにモデル化に伴う資料も付属する。

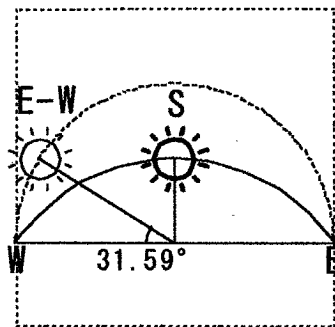
- 太陽：太陽高度
 方位角
 太陽軌跡
 終日日射量ランキング
- 日影：日影図、日赤緯
- 風：風配図（ウインドローズ）
 乱流領域
- 木：防風(木と風)
 木陰
 CO₂ 固定
- 水：雨水浸透、雨水貯蓄
- 植物：植生、樹下
- 地形

● 太陽

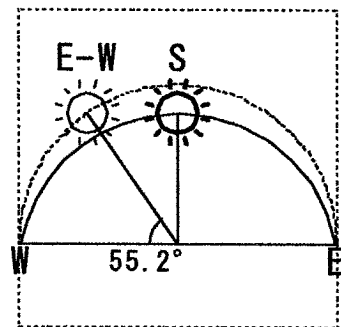
○ 太陽高度



夏至



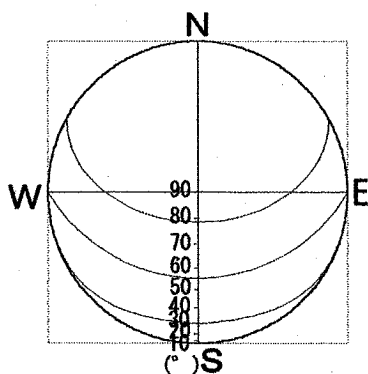
冬至



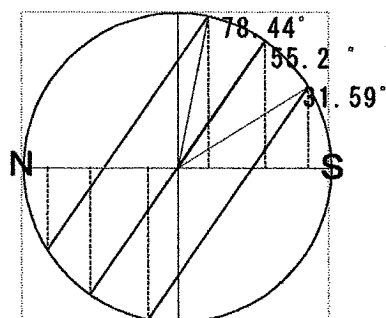
春・秋日

実線は南北方向に真横に見た太陽移動軸であり、点線は東西方向に見た 12 時の太陽の入射角を示したものである。

○ 太陽軌跡

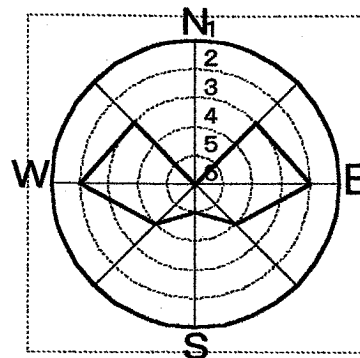


太陽軌跡

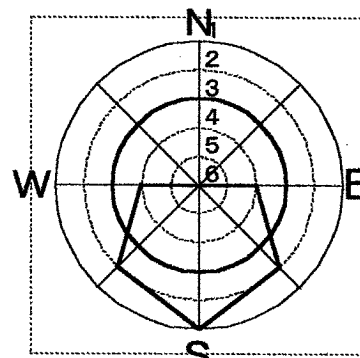


上左図は夏至、春・秋日、冬至の太陽軌道を真上から見た図である。春・秋日は太陽高度の平均値で求めた太陽軌跡である。

○ 終日日射量ランキング



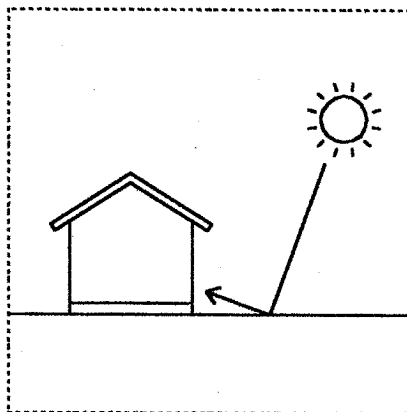
終日日射量
ランキング (夏)



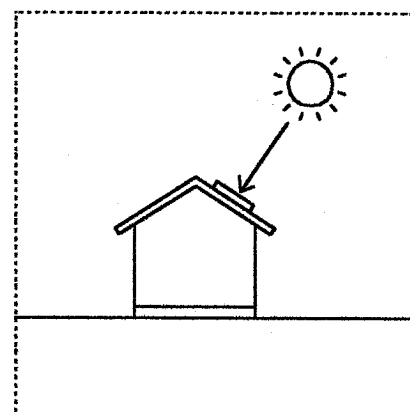
終日日射量
ランキング (冬)

上図は夏、冬における壁面の終日日射量を方位別に順位で表した図である。円が外に行くほど日射量は多くなる。円の太線は水平面の日射量を表す。

○ 照り返しモデル

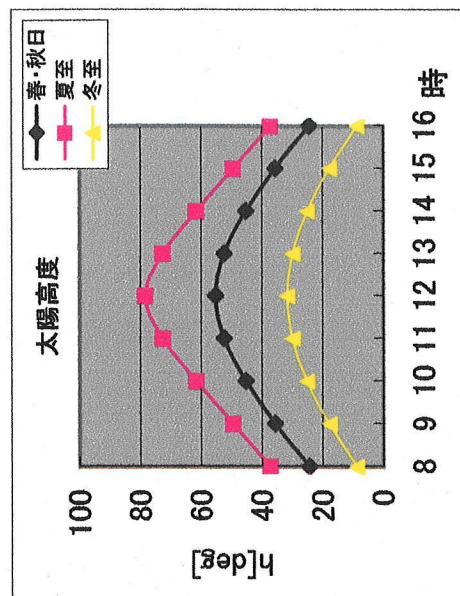
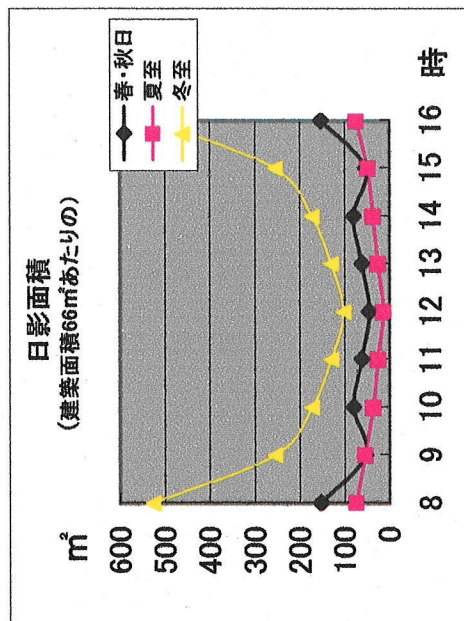
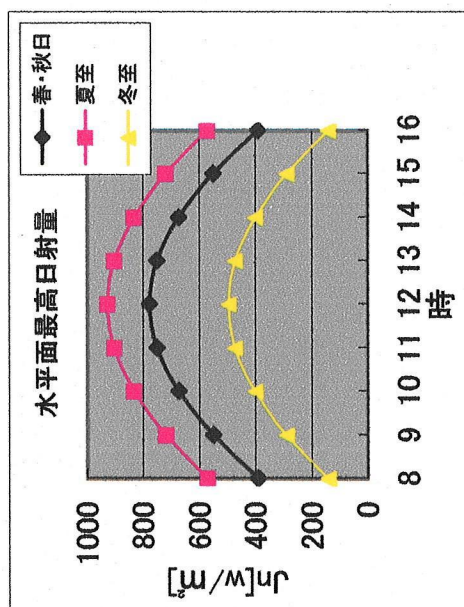


○ 太陽エネルギー有効利用モデル



これらのモデルは設計上で扱うモデルであり、太陽入射角などは無関係である。

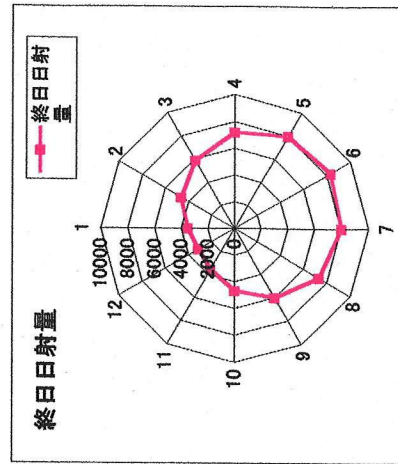
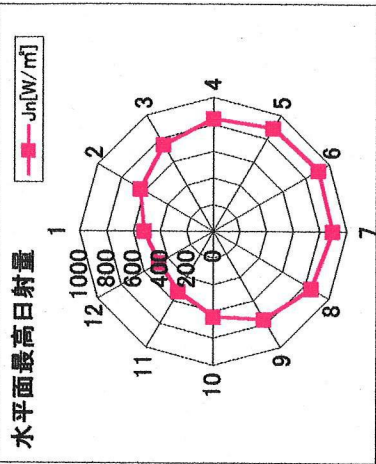
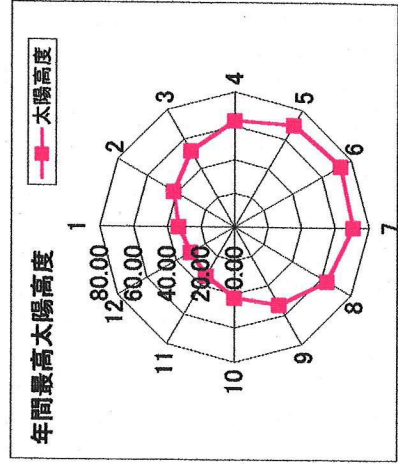
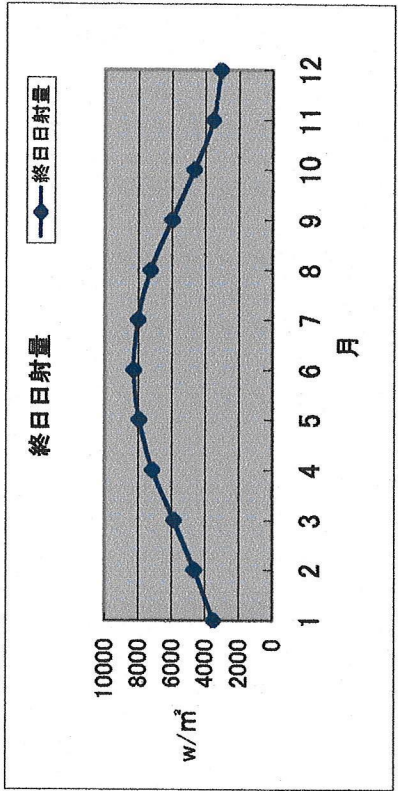
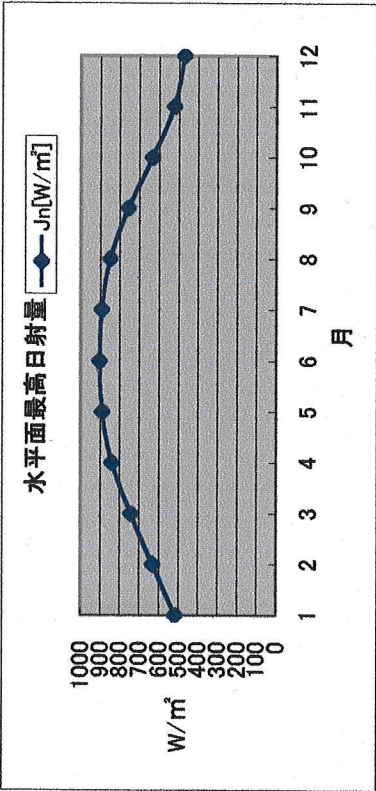
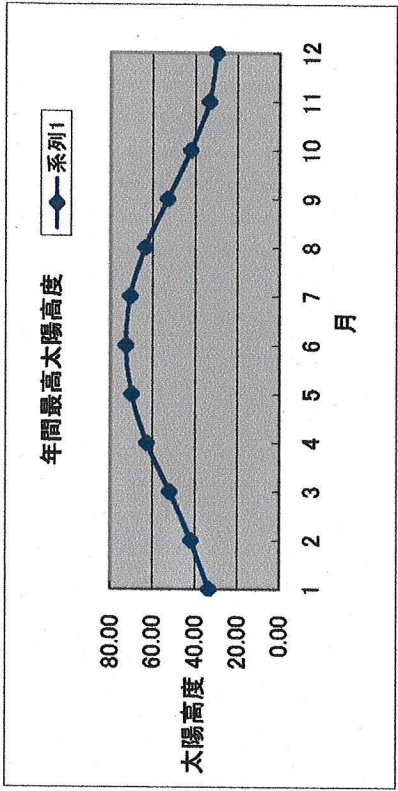
時間	日射量Jn(w/m ²)			日影面積(m ²)			太陽高度h(deg)		
	春・秋日	夏至	冬至	春・秋日	夏至	冬至	春・秋日	夏至	冬至
8	390.5	572	140	152.067	73.758	526.72	37.15	37.15	8.51
9	550.5	720	288	52.286	53.019	254.368	49.43	49.43	17.68
10	673.5	833	401	80.087	35.94	171.942	61.53	61.53	25.03
11	751	904	472	60.774	24.657	129.903	72.58	72.58	29.88
12	777.5	928	496	44.068	12.862	102.605	78.44	78.44	31.59
13	751	904	472	60.774	24.657	129.95	72.58	72.58	29.88
14	673.5	833	401	80.008	35.94	171.83	61.53	61.53	25.03
15	550.5	720	288	52.288	47.402	254.243	49.43	49.43	17.68
16	390.5	572	140	151.987	73.758	526.833	37.15	37.15	8.51



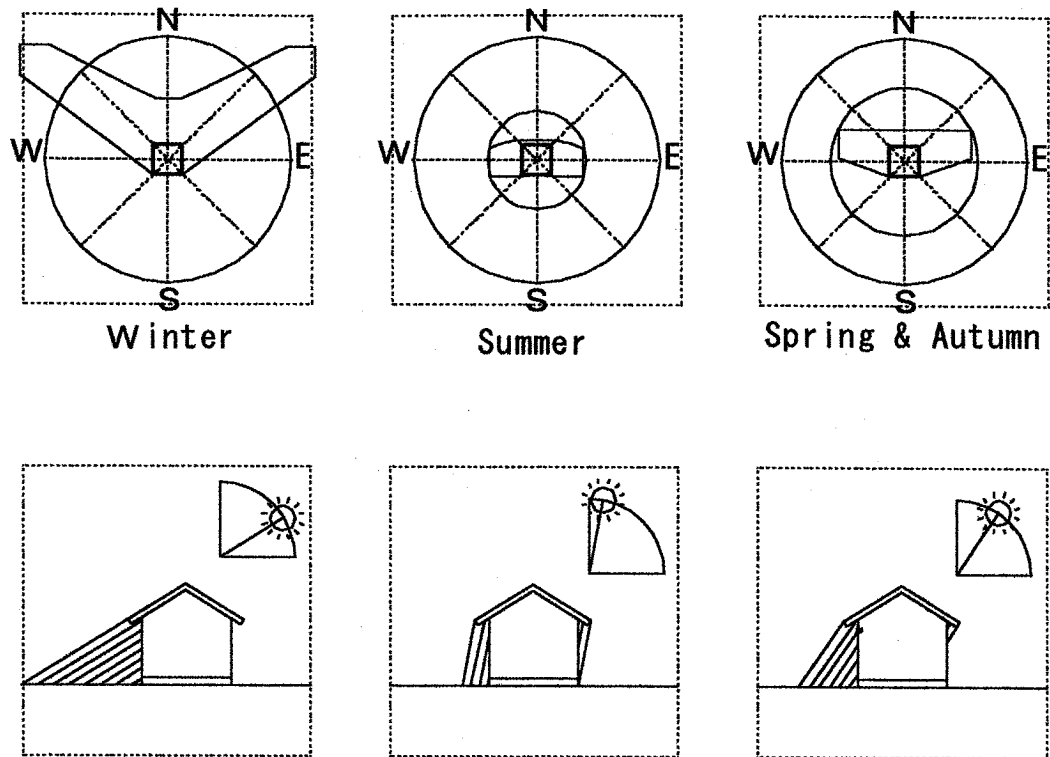
資料16-1-1 太陽と日影の関係表

太陽常数	透過率	日射量	緯度	日付	日数	赤緯	時刻	時角	太陽高度	方位角	方位角	壁面傾斜角	入射角	日射量	終日射量		
Jsc[W/m ²]		Jn[W/m ²]	φ [deg]	month date	X1	X2	δ [deg]	T	t [deg]	sinh	h [deg]	A [deg]	A [deg]	Jn[W/m ²]	Jn[W/m ²]		
1353	0.7	947.1	35	1	20	20	-19.967	13	15	0.55	33.22	16.9	16.9	0	0.548	519	3500
1353	0.7	947.1	35	2	20	51	-11.086	13	15	0.67	41.77	19.9	19.9	0	0.666	631	4637
1353	0.7	947.1	35	3	20	79	-0.398	13	15	0.79	51.93	24.8	24.8	0	0.787	745	5852
1353	0.7	947.1	35	4	20	110	-11.435	13	15	0.89	62.78	33.7	33.7	0	0.889	842	7176
1353	0.7	947.1	35	5	20	140	-19.967	13	15	0.94	69.98	45.3	45.3	0	0.940	890	7951
1353	0.7	947.1	35	6	20	171	-23.442	13	15	0.95	72.58	52.5	-232.5	0	0.954	904	8284
1353	0.7	947.1	35	7	20	-201	20.759	13	15	0.94	70.59	46.7	-226.7	0	0.943	893	8024
1353	0.7	947.1	35	8	20	-232	12.469	13	15	0.90	63.69	34.8	-214.8	0	0.896	849	7279
1353	0.7	947.1	35	9	20	-263	0.803	13	15	0.80	53.05	25.5	-205.5	0	0.799	757	5991
1353	0.7	947.1	35	10	20	-293	-10.728	13	15	0.67	42.12	20.0	-200.0	0	0.671	636	4681
1353	0.7	947.1	35	11	20	-324	-19.752	13	15	0.55	33.43	17.0	-197.0	0	0.551	522	3528
1353	0.7	947.1	35	12	20	-354	-23.408	13	15	0.50	29.88	15.9	-195.9	0	0.498	472	3098

資料16-1-2 壁面日射量



○ 日影



上段図は冬至、夏至、春・秋日における日影図のモデルである。日影は 8 時から 16 時までの総日影を表したものである。

下段図は上段図の日影図を真横から見た図であり、同時に太陽の入射角も示した。

冬至には太陽高度が低いため日影は北側にのみできるが、夏至では太陽高度が高いため、庇に対しての日影が南壁にもできる。

● 風

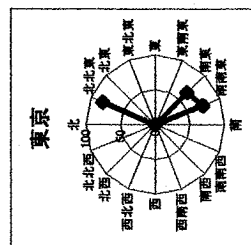
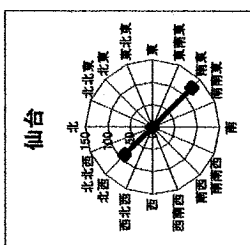
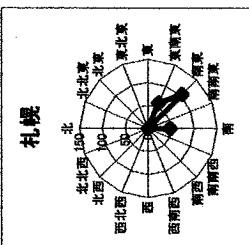
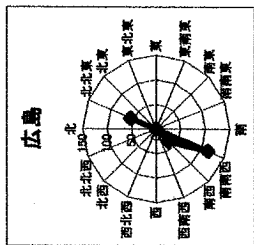
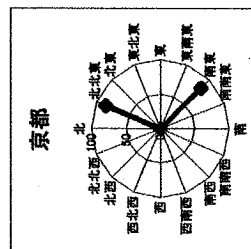
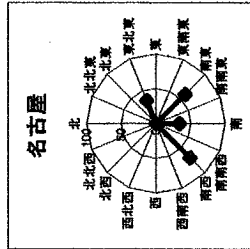
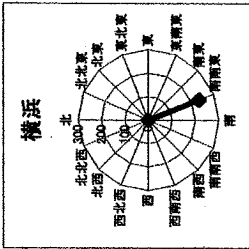
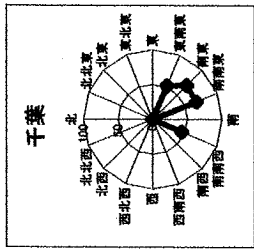
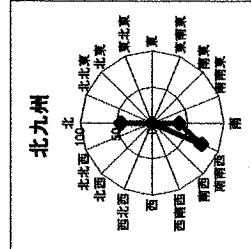
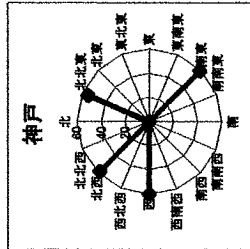
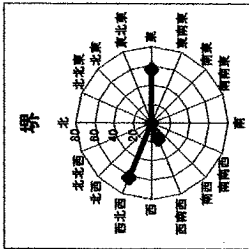
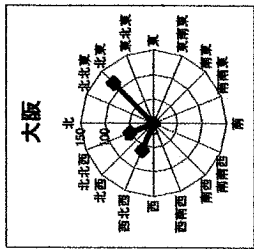
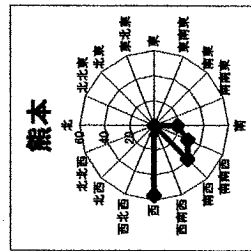
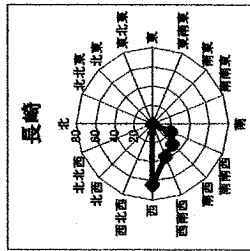
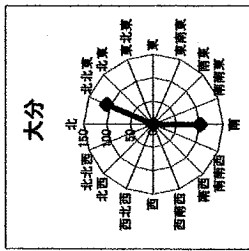
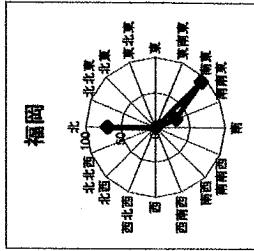
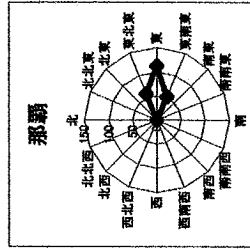
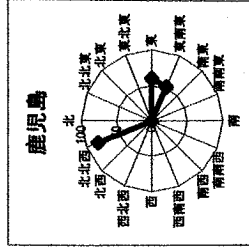
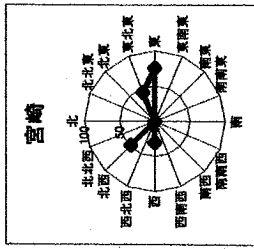
○風配図(ウインドローズ)

1984 年 AMeDAS データによる蒸暑季（気温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ）における昼間と夜間の通風最適方位をもとに、風配図を作成する。（括弧内の数字は、各時間帯の通風最適方位に向く開口に、 1m/s 以上の風ベクトル成分が当たる時間帯の出現率を示す。）

時間帯	1～6 時 (%)	7～12 時 (%)	13～18 時 (%)	19～24 時 (%)
札幌	南東(56)	東南東(60)	南東(50)	南(48)
仙台	北西(33)	北西(53)	南東(80)	南東(43)
東京	北北東(40)	北北東(42)	南南東(74)	南東(65)
千葉	東南東(52)	南南西(46)	南南東(68)	南東(70)
横浜	南南東(36)	南南東(55)	南南東(80)	南南東(60)
名古屋	北東北(35)	南(34)	南西(69)	南東(60)
京都	北北東(42)	南東(37)	南東(47)	北北東(44)
大阪	北東(60)	北東(56)	西北西(60)	北北西(52)
堺	東(24)	東(32)	西北西(62)	西南西(18)
神戸	北北東(55)	南東(59)	西(60)	北西(58)
広島	北北東(56)	南南西(40)	南南西(74)	南西(36)
北九州	南南西(44)	南(34)	北(44)	南南西(30)
福岡	南東(48)	南東(44)	北(69)	南南東(32)
大分	南(57)	北北東(46)	北北東(62)	南(44)
長崎	南南西(21)	西南西(37)	西(64)	南西(30)
熊本	南(19)	南南西(30)	西(56)	南西(38)
宮崎	北西(48)	東北東(44)	東(76)	西(30)
鹿児島	北北西(38)	東(60)	東南東(52)	北北西(44)
那覇	東南東(53)	東(53)	東北東(56)	東(60)

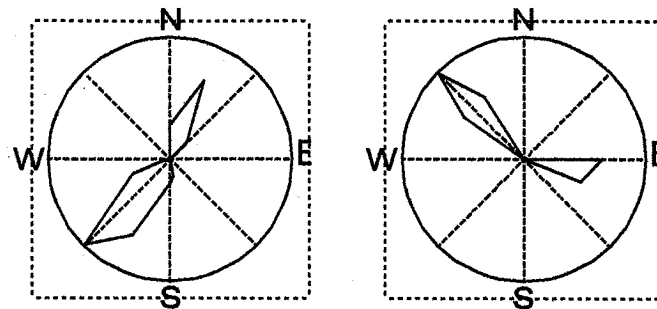
資料16-2-1 養蜂場(気温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$)における昼間と夜間の通風最適方位

※時間による通風最適方位が同じであれば、その出現率をたしものを出現数とみなす。



資料16-2-2 風配図(通風最適方位)

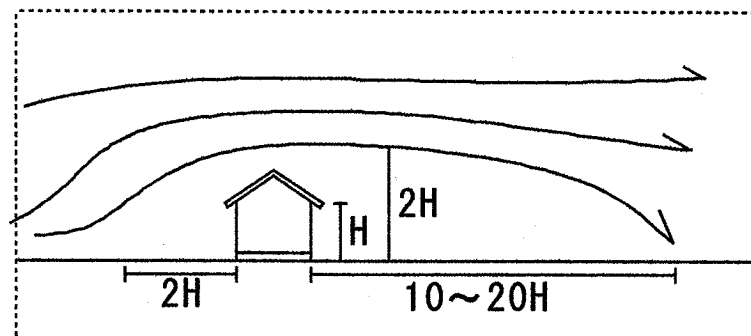
○ 風配図



風配図（イメージ図）

風配図は風向・風速を表すグラフであり、ウインドローズ（風のバラ）とも呼ばれている。風は季節により異なる風、低気圧、高気圧、海風、陸風なども関係するが、ここでは最適通風方位を扱い、これを風配図として示す。

○ 乱流領域

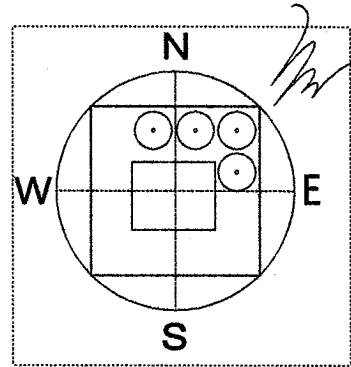
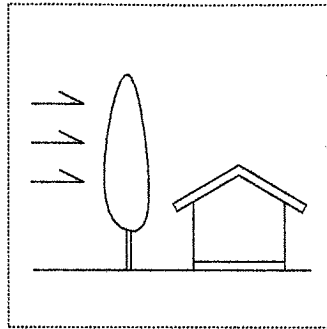


乱流領域

建物が風に及ぼす影響を表したのが乱流領域である。
風上側で建物高さの2倍、風下側で高さの10~20倍の影響がある。
幅広の建物では風の方角に対して高さの4倍以上の影響がある。

● 木

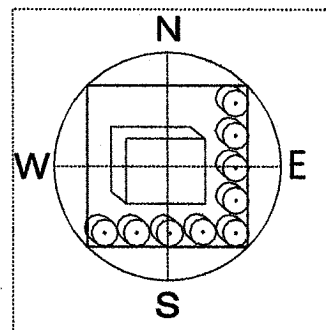
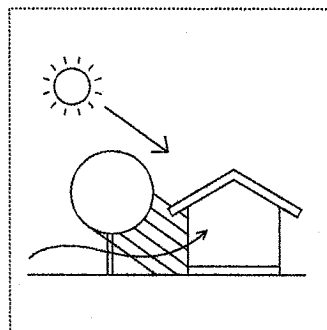
○ 防風林



左図は木と家と風との関係を示した、防風林モデルである。

右図は敷地図からみた風の方角と防風林の位置を示したモデルである。

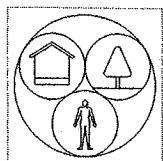
○ 木陰



左図は太陽と家と木陰と風との関係を示したモデルである。太陽熱を遮断する樹冠と、木陰を通して入る快風との関係を表す。

右図は敷地内でみた木陰図を表したモデルである。

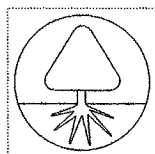
○ CO2 固定



上図は、木と家と人の関係を示したモデルである。

木は CO2 を吸収し O2 を放出する過程で人との相互作用をもち、CO2 固定し家をつくる材となる過程で家との相互作用をもつ。ここに人と家と木との相互作用が現れる。

○ 保水



上図は木と水との関係を示した、保水モデルである。

山の木は雨水を地中の根から吸収し、葉や幹などにためる。それは地盤を固定し、保水性を保つことで生態系のシステムを安定させているのである。

ここで 1999/10～2001/1 の間に林野庁「バイオマス資源の利用手法に関する調査」プロジェクトをまとめたもの

(<http://www05.u-page.so-net.ne.jp/wa2/garuda/ratio.htm#ratiobioratio>)

をもとに作成した資料を付属する。

全木生産量＝係数×胸高直径×乗数(kgf)

全木生産量	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
係数	0.2723	0.8519	0.1162	0.1899	2.5907
乗数	2.295	1.8034	2.5837	2.3971	1.5874

胸高直径(cm)	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
6	16.630	21.563	11.905	13.926	44.530
8	32.184	36.226	25.033	27.754	70.304
10	53.709	54.174	44.556	47.383	100.188
12	81.615	75.263	71.365	73.355	133.816
14	116.255	99.384	106.281	106.147	170.915
16	157.944	126.444	150.069	146.191	211.270
18	206.966	156.368	203.448	193.883	254.705
20	263.579	189.089	267.102	249.588	301.073
22	328.026	224.550	341.683	313.651	350.251
24	400.528	262.701	427.817	386.393	402.128
26	481.295	303.495	526.105	468.120	456.610
28	570.526	346.891	637.130	559.123	513.613
30	668.407	392.852	761.455	659.678	573.059

含水量

胸高直径(cm)	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
6	8.739	0.109	8.671	6.948	19.064
8	17.161	2.295	17.354	13.756	29.749
10	28.955	5.754	29.536	23.365	42.004
12	44.389	10.519	45.381	36.019	55.675
14	63.693	16.612	64.978	51.932	70.646
16	87.074	24.046	88.363	71.299	86.827
18	114.721	32.829	115.523	94.295	104.145
20	146.806	42.966	146.410	121.084	122.539
22	183.488	54.461	180.944	151.816	141.958
24	224.916	67.315	219.018	186.635	162.357
26	271.232	81.529	260.500	225.674	183.697
28	322.567	97.103	305.238	269.062	205.944
30	379.048	114.035	353.061	316.920	229.067

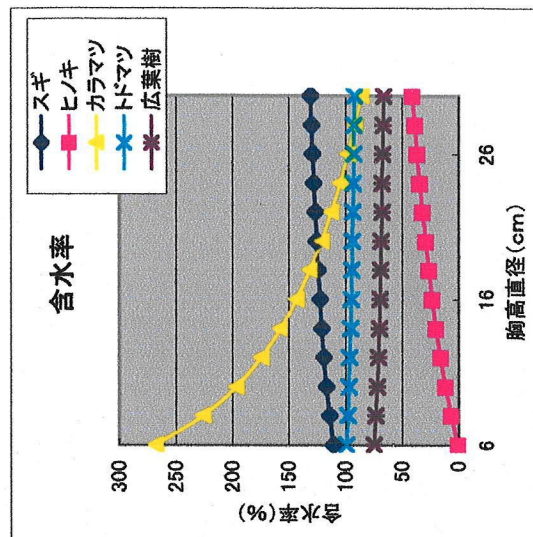
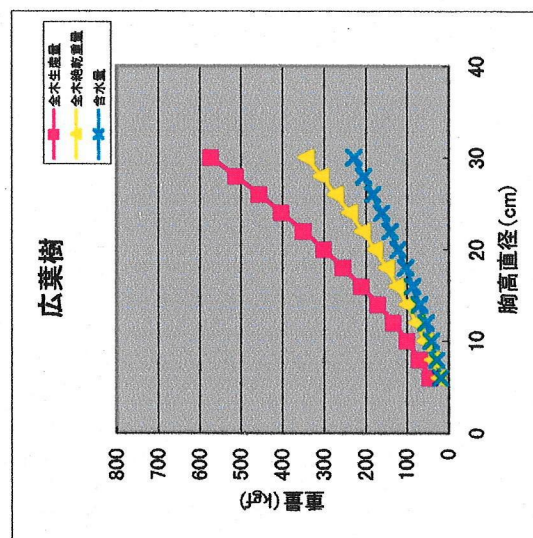
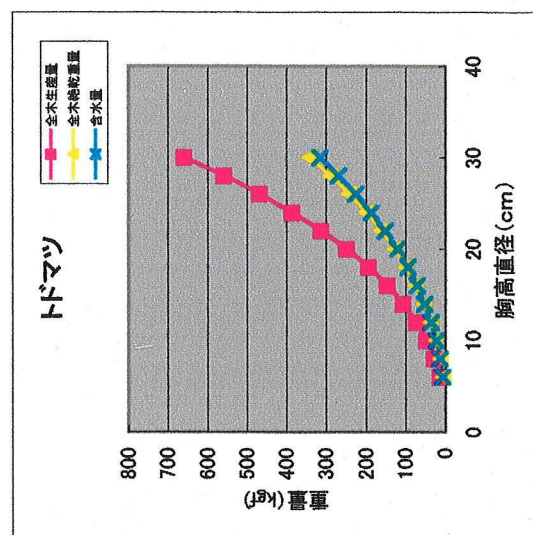
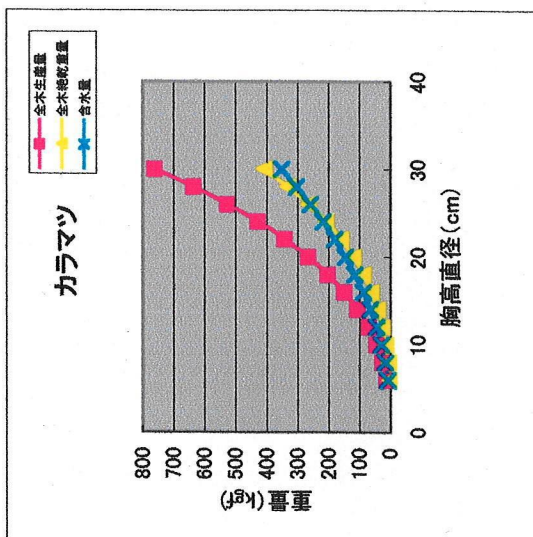
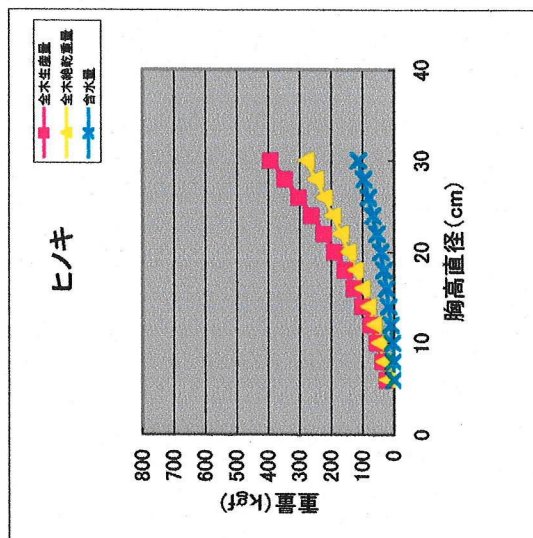
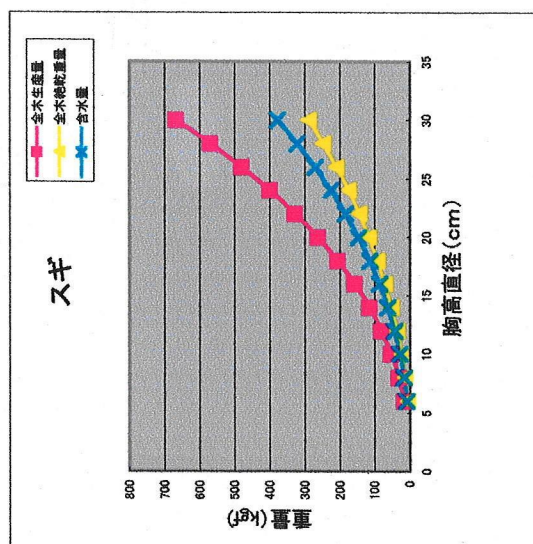
資料16-3-1 樹木の全木重量

全木絶乾重量	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
係数	0.1431	1.2346	0.0148	0.0914	1.4038
乗数	2.238	1.5935	3.0064	2.4196	1.6175

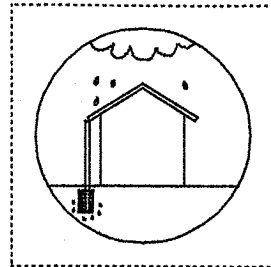
胸高直径	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
6	7.891	21.454	3.234	6.978	25.466
8	15.023	33.931	7.679	13.998	40.556
10	24.754	48.420	15.020	24.019	58.184
12	37.226	64.744	25.984	37.336	78.141
14	52.562	82.772	41.303	54.215	100.269
16	70.870	102.398	61.706	74.892	124.443
18	92.244	123.539	87.925	99.587	150.560
20	116.774	146.123	120.692	128.505	178.534
22	144.538	170.089	160.739	161.835	208.293
24	175.611	195.386	208.799	199.759	239.771
26	210.063	221.966	265.606	242.446	272.913
28	247.959	249.789	331.893	290.061	307.669
30	289.359	278.817	408.394	342.759	343.992

含水率

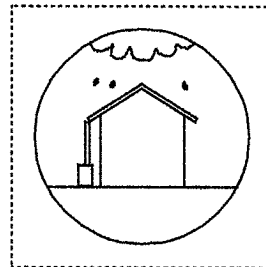
胸高直径	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	広葉樹
6	111	0.5	268	100	75
8	114	7	226	98	73
10	117	12	197	97	72
12	119	16	175	96	71
14	121	20	157	96	70
16	123	23	143	95	70
18	124	27	131	95	69
20	126	29	121	94	69
22	127	32	113	94	68
24	128	34	105	93	68
26	129	37	98	93	67
28	130	39	92	93	67
30	131	41	86	92	67



- 水
- 雨水



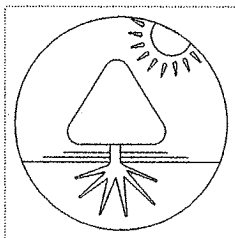
雨水浸透



雨水貯蓄

上図は家と水との関係を示したモデルである。雨水浸透は家の屋根から地中に雨水をかえすモデルで、雨水貯蓄は家の雨樋を通して流れた雨水を貯水するモデルである。

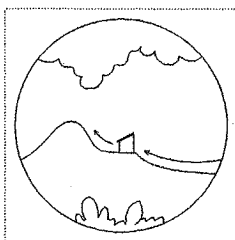
- 植物



左図は樹下の生態と植生を示したモデルである。

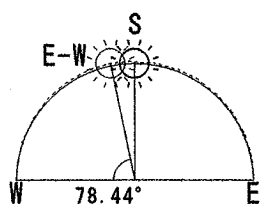
樹下の生態は、木の下で得られた養分で植物や生物が育つ環境を表し、自然に発生する植物はその敷地における自然植生を示す。

- 地形

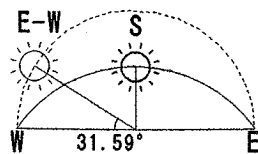


左図は地形と家との関係を表すモデルである。

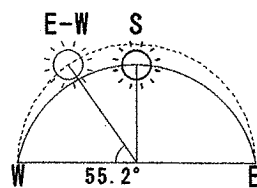
地形は地域性、風土性を表し、家の形態と直接結びつく要因をもつ。



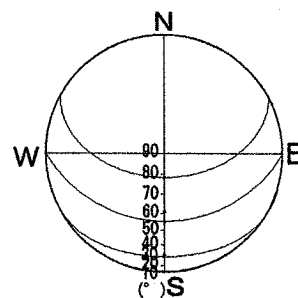
太陽高度（夏至）



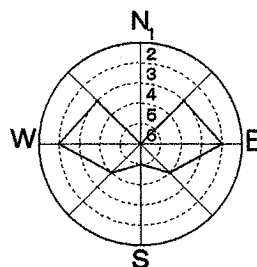
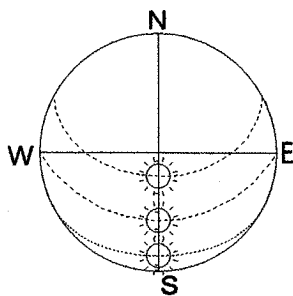
太陽高度（冬至）



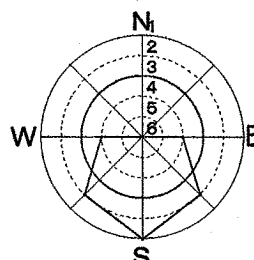
太陽高度（春・秋日）



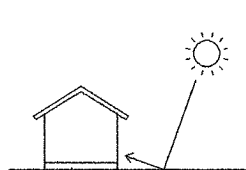
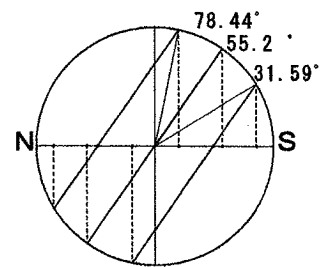
太陽軌跡



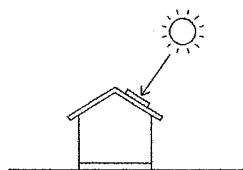
終日日射量
ランキング（夏）



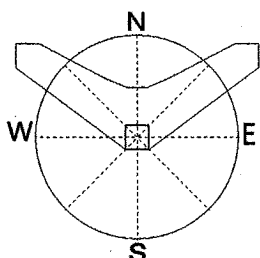
終日日射量
ランキング（冬）



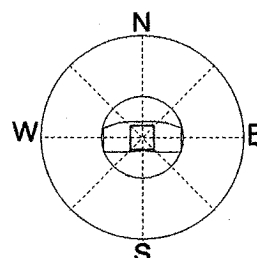
照り返しモデル



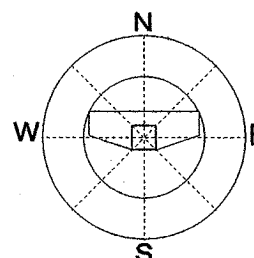
太陽エネルギー有効利用モデル



Winter
日影図



Summer



Spring & Autumn

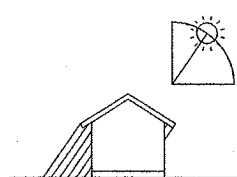
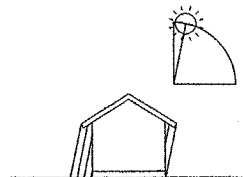
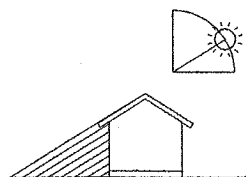
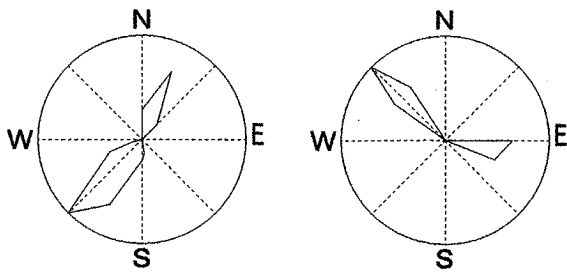
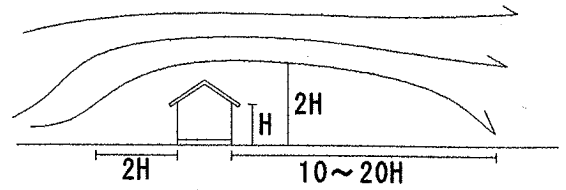


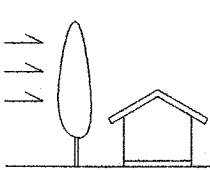
図16-1 全モデル



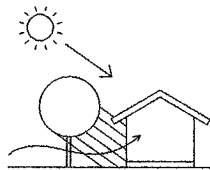
風配図（イメージ図）



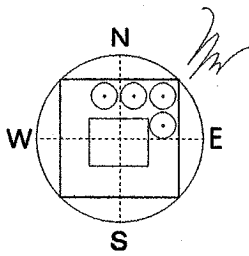
乱流領域



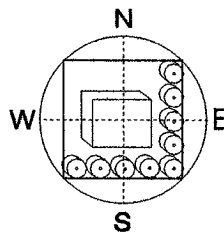
防風林



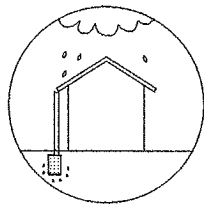
木陰



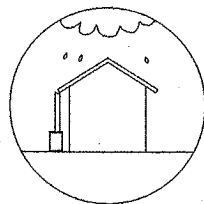
北風



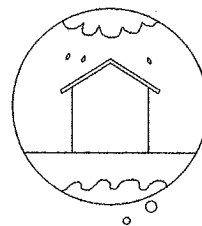
木陰図



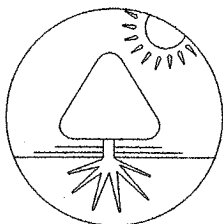
雨水浸透



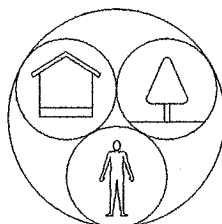
雨水貯蓄



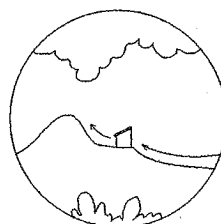
地下水



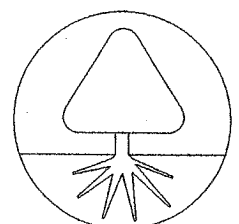
植物



CO2固定



地形



木

図16-2

17. アレロパシー（他感作用）モデル

16.で再モデル化したものを重ね合わせ、他感作用（アレロパシー）モデル（図 17-2）をつくる。天頂方向からみた太陽軌道モデルをもとに、終日日射ランキング、日影図、風配図、防風林、木陰、植物などを一つに重ね合わせたモデルをつくる。建築面積、風配図などはイメージ図であり、例として示したものである。

このモデルは生態学的な住環境デザインをするためのプロトタイプ（原型）であり、今後これをもとに設計を進めていく。このモデルは場所、地形など地域によりそれぞれ異なり、多様性のあるモデルである。

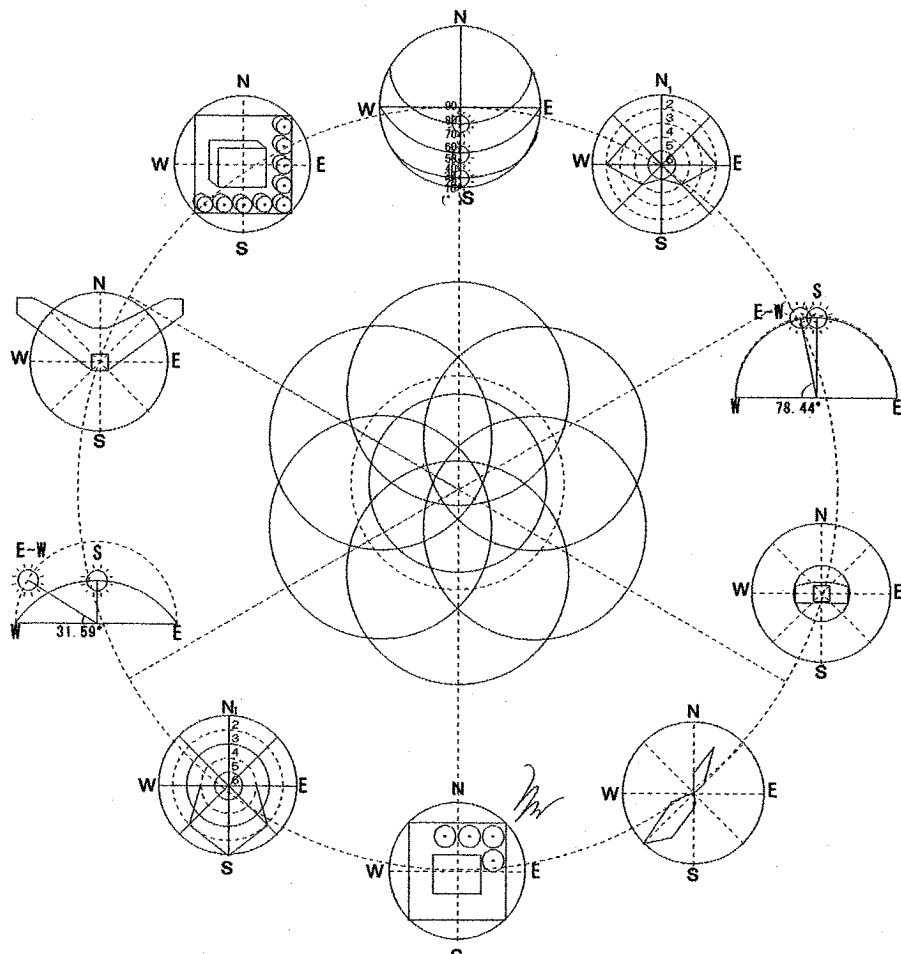
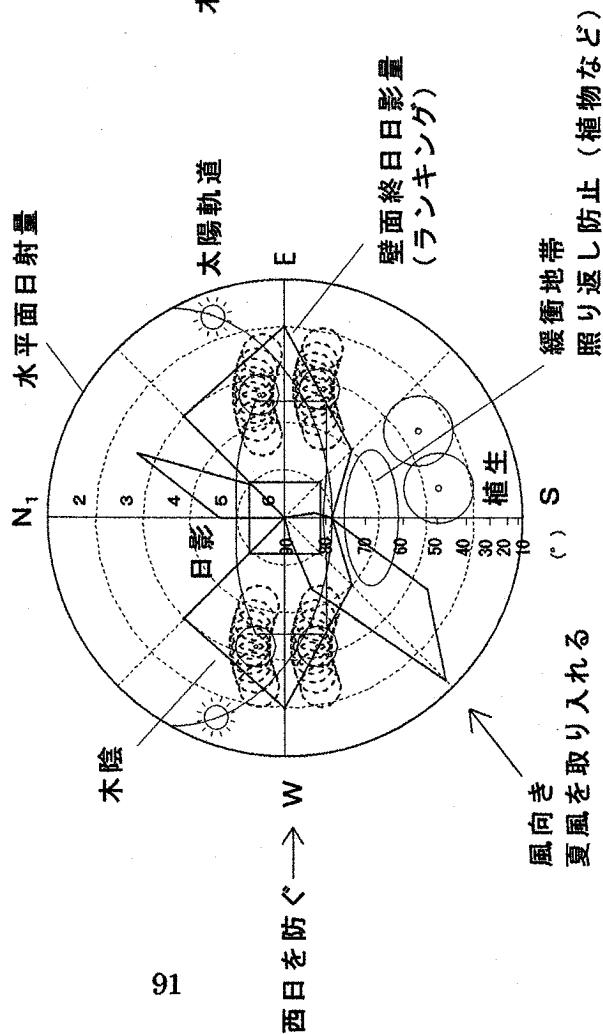


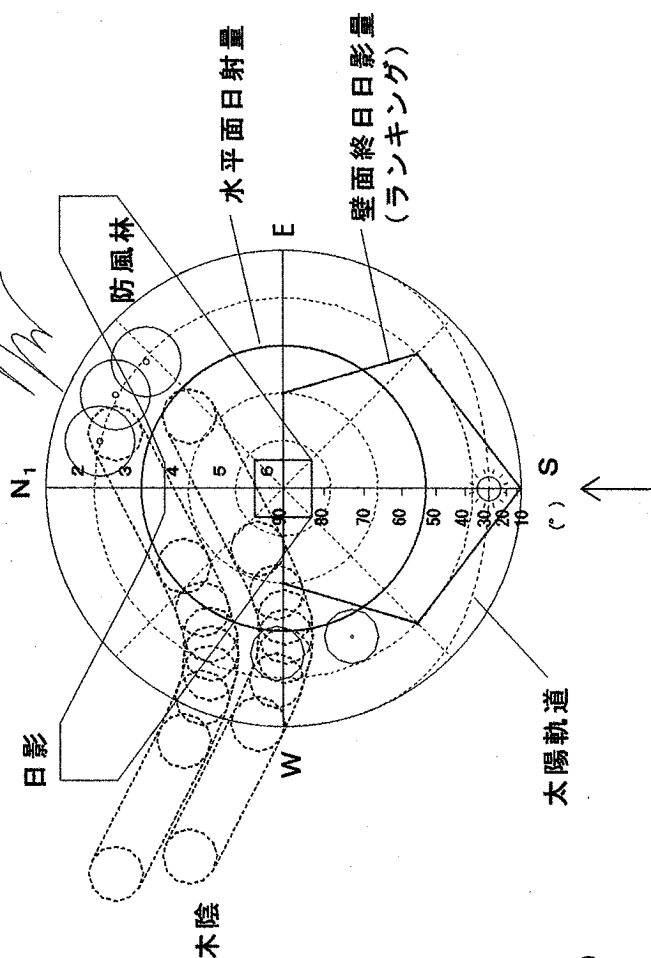
図 17-1 他感作用モデルのイメージ図

アレロパシーモデル 図17-2

夏モデル



冬モデル



南面からの日射を取り入れる

18. 住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ

アレロパシーモデル（図 17-2）をもとに、実際の敷地での生物学的プロトタイプを作成する。広島県東広島市東高屋にある敷地を用いて、設計を行う。敷地前面、南側には茶畑があり、開けた敷地をもつ。また茶畑のある南面から団地のある北面にかけて多少の傾斜がある。この敷地における他感作用を示し、住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ（図 18-2）を導き出す。

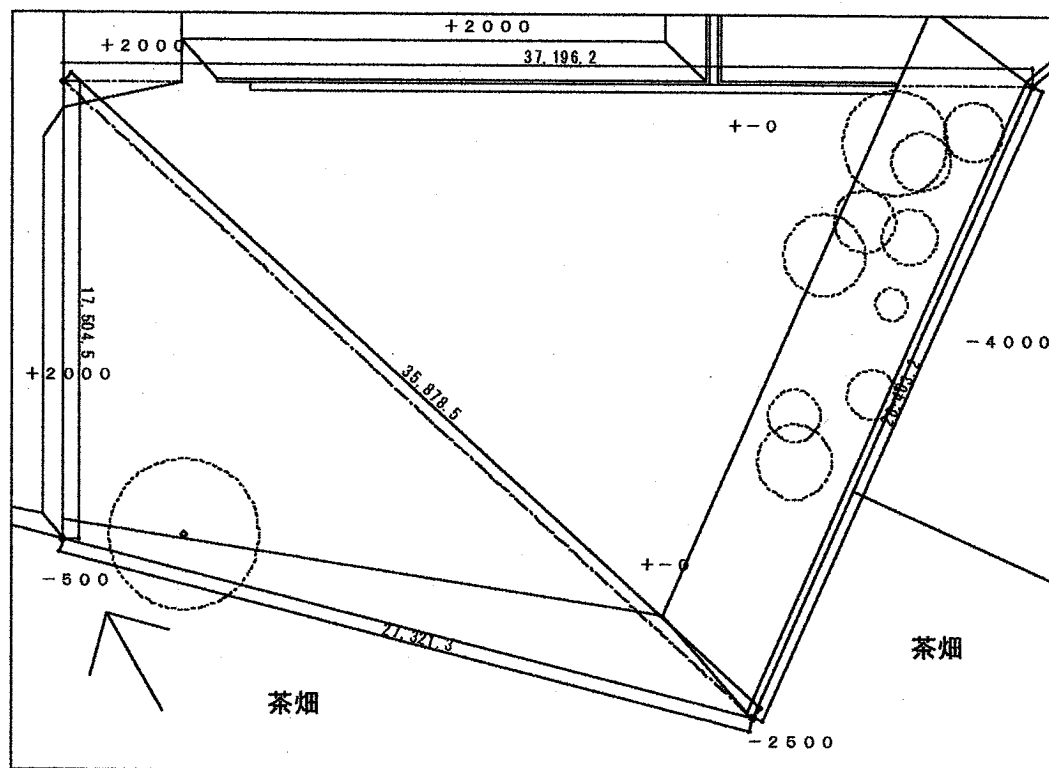
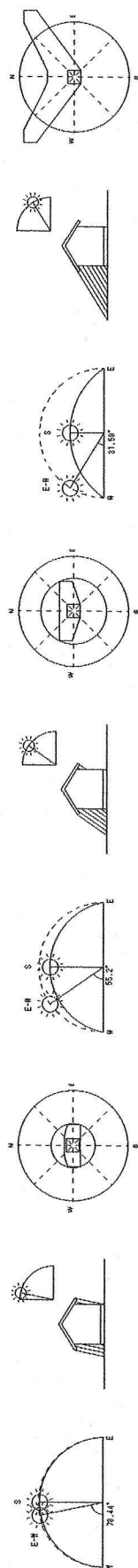
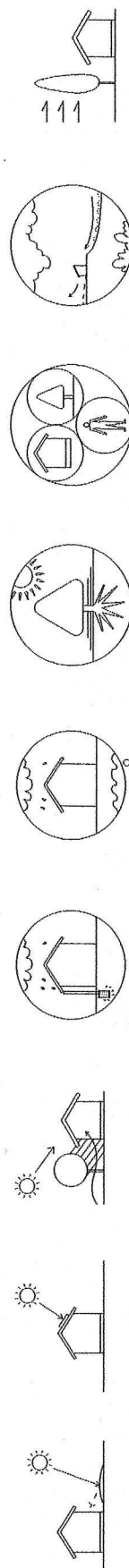
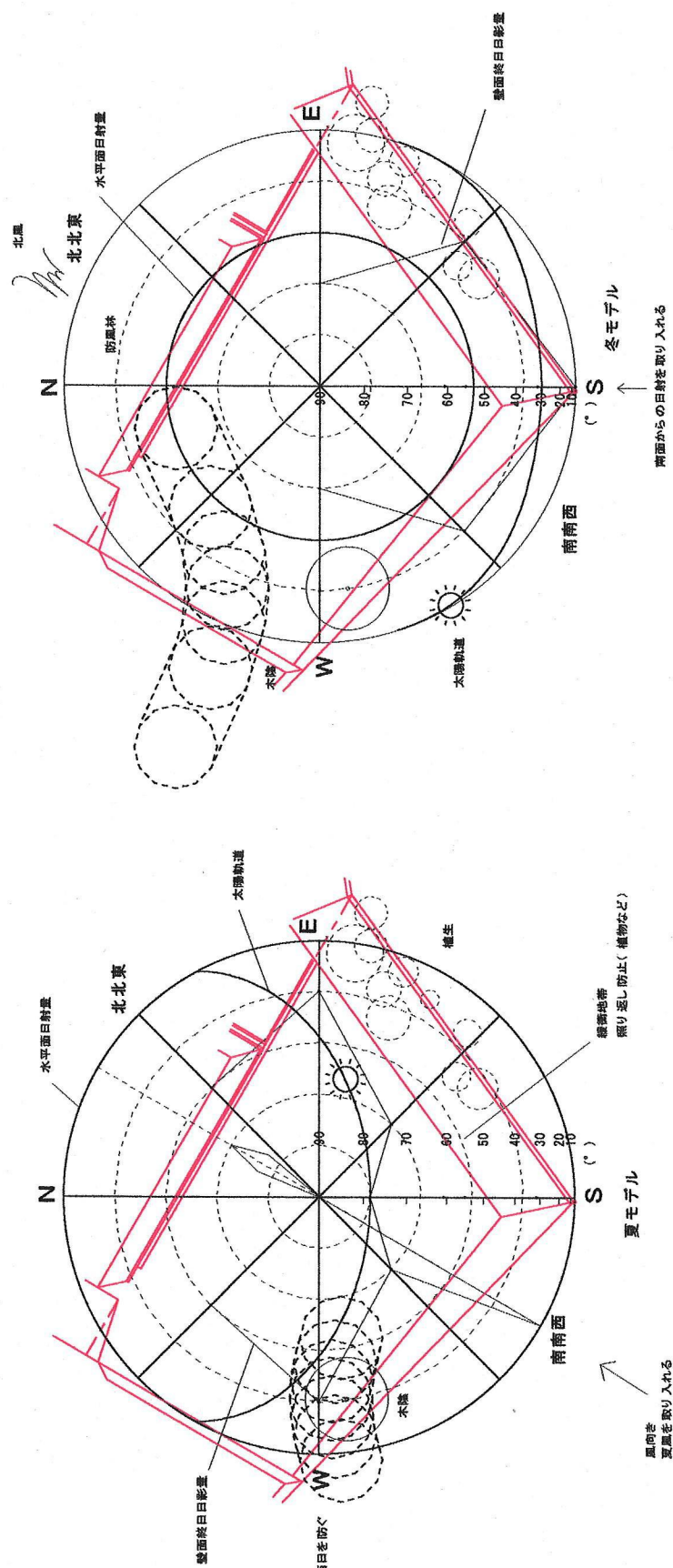


図 18-1 広島県東広島市東高屋の敷地



Biological prototypes in housing design

図18-2 住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ



19. 実設計

18で導いた住宅デザインの生物学的プロトタイプをもとに、実設計を行う。

以下の図面を付属する。

- 周辺敷地図 1/400
- 等高線地図 1/400
- 敷地図 1/250
- 1F 平面図 1/150 2F 平面図 1/150
- 平面寸法 1/300
- 東立面図 1/150 西立面図 1/150
- 南立面図 1/150 北立面図 1/150
- 断面図Ⅰ 1/120 断面図Ⅱ 1/120
- 日影図（夏至、冬至 12時） 1/400
- 日影図（夏至 9-15時） 1/300
- 日影図（冬至 9-15時） 1/300
- 緑被図 1/250

敷地面積	517.68 m ²		
建築面積	204.40 m ²	建蔽率	39.50%
延床面積	241.93 m ²	容積率	41.50%
1 階	玄関&サンルーム		17.95 m ²
	キッチン&ファミリールーム		31.88 m ²
	風呂&トイレ		13.66 m ²
	書斎		13.25 m ²
	子供部屋		13.25 m ²
	サンルーム&リビングルーム		29.82 m ²
	バスガーデン		11.45 m ²
2 階	主寝室		10.89 m ²
	ロフト		6.63 m ²
緑被面積	277.84 m ²	緑被率	53.70%

設計コンセプト

設計する土地の《住宅デザインの生物学的プロトタイプ》をもとに、生態系の相互作用を取り入れながら設計を進めていく。風の方向、太陽高度、日射量、西日、照り返し、周辺敷地との関係、地形、植生などを考慮しながら敷地計画と設計を行う。計画する敷地条件から、夏に南南西から吹く風を取り入れやすい住宅の方向を設定する。また夏の壁面日射量の多い東側・西側の日射の侵入を防ぎ、南側は照り返しを防ぐ。家の形状により冬の日影が必要以上に長くなりすぎていないかということも考慮する。さらに敷地周辺には自然植生を取り入れ、様々な生物、植物が棲む場にする。茶畑という好条件の景色が敷地前面に広がるため、敷地内に人工的な庭を作らず、自然のままにということを経験的な考え方とする。

このような条件のもとに設計を進めた結果、敷地面積 517.68 m²という広い敷地に前面が茶畑という場を有効に活用するために、ゆとりある住空間のデザインが可能となった。建築面積 204.40 m²、延べ床面積 241.93 m²と少し大きめの住宅であるが、その空間は主に4つに分けられる。サンルーム、リビングスペース（ファミリールーム、キッチン兼ダイニング、風呂兼トイレを含む）、エコタワーⅠ（書斎兼寝室）、エコタワーⅡ（子供部屋）の4つである。南東から北西にかけて床がコンクリートで覆われたところは、サンルームとして活用される。住居入り口のドアを開けるとすぐサンルームがあり、そこを歩いて木造の数センチ上に上がった主用生活空間へと入る。サンルームの周囲に張ってあるガラスは、夏は全面開口して風を取り込み、冬は窓を閉めて日射をとりこみ温めて、サンルームとして活用する。サンルームは一部居間としても使うことができるが、基本的には“半屋外”として活用する。

リビングスペースは、ファミリールームとキッチン、浴室兼トイレといふ2つの空間構成になっている。リビングスペースに入るとすぐ居間があり、オープン型のキッチンとダイニングを融合した食住空間が広がる。風呂とトイレは一つの広い空間に収め、目的を細かく定めない多目的の場としている。洗面、洗濯の場としてももちろん利用するが、全面がバスガーデンであるため、昼間は机を置いて読書をするなど様々な目的で利用できるだろう。リビングスペースとサンルームはドアで分離されるため、ドアを閉めれば隔離された空間となる。

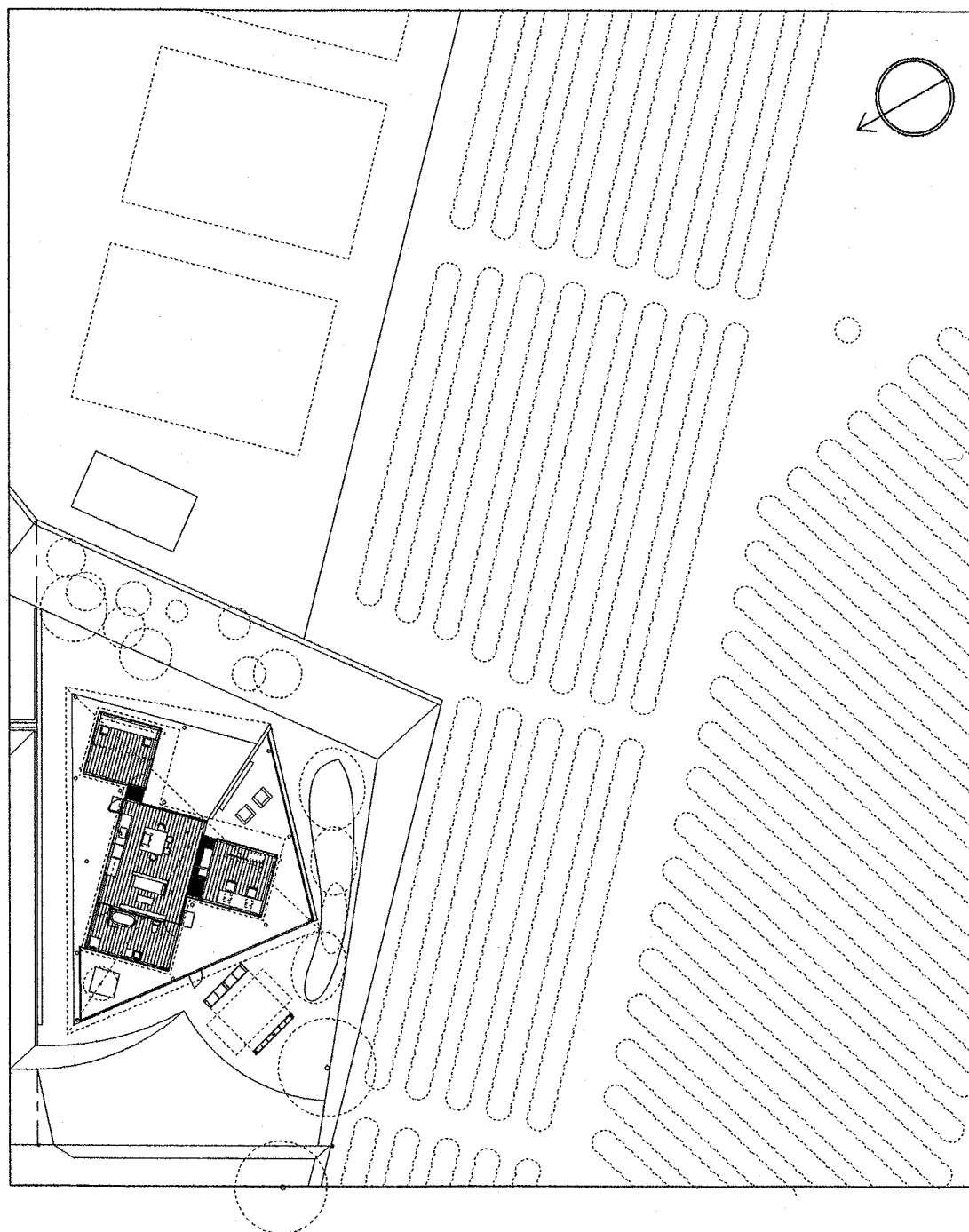
リビングスペースとつながるエコタワーⅠとエコタワーⅡは、グレーチングで連結し、それぞれの部屋はドアで仕切ると独立した部屋になる。タワーⅠ、Ⅱはそれぞれロフトがあり、

上階はどちらも寝室となっている。外観をみると、書斎兼主寝室と子供部屋は塔状になっており、天上が高い吹き抜けになっている。敷地から見て南南西から風が入ってくるため、サンルームを通して入った風は、書斎から吹き抜けを通して屋根近くの換気口から抜ける。

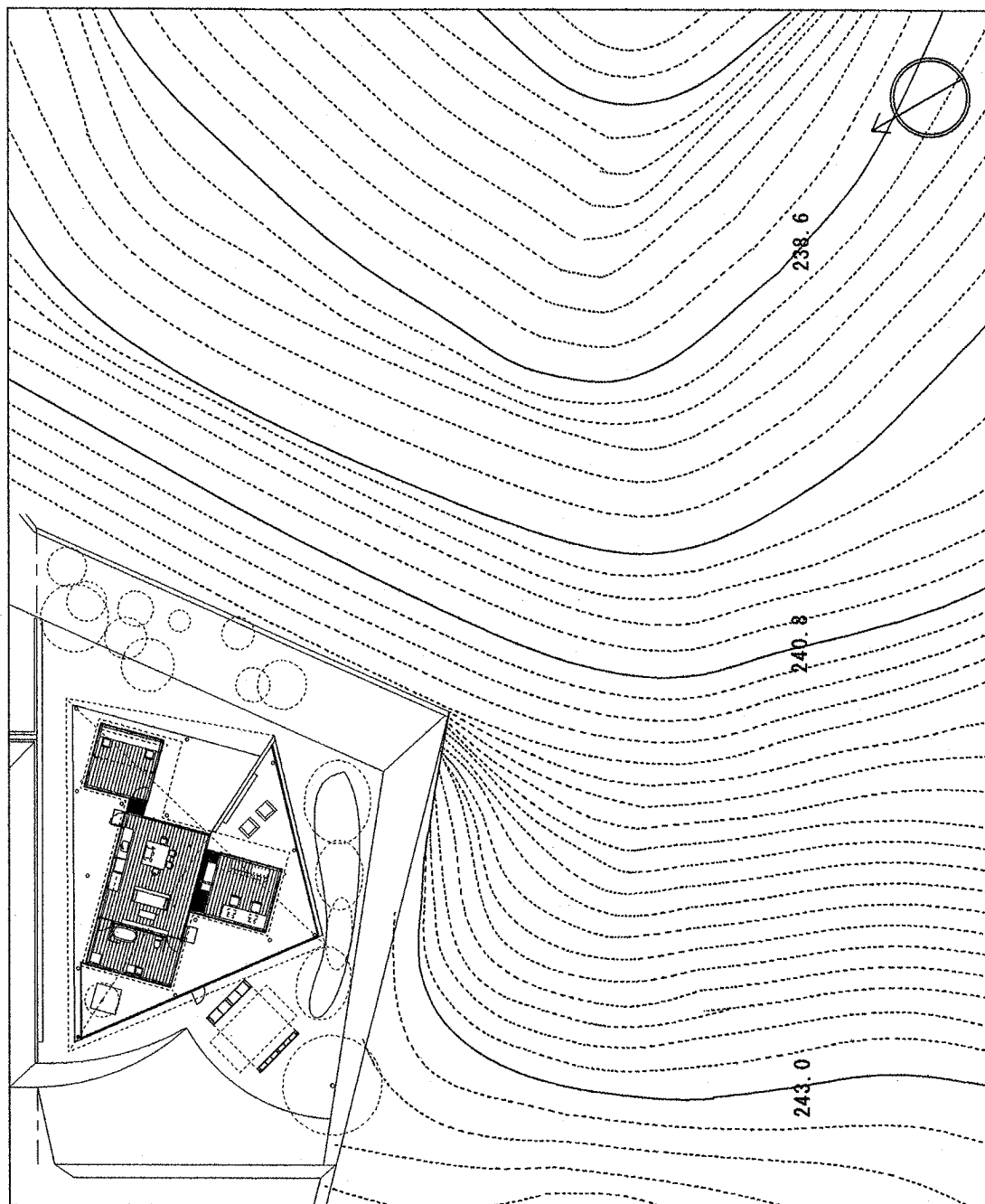
エコタワーⅠとⅡは、屋根面で太陽熱を集熱する。冬はダクトを通して地下へ熱を送り、ロックルームから床へと放出する。夏は屋根で集熱した熱をそのまま外へ排気し、熱の侵入を防ぐ。また建物上部を覆うコンクリート屋根の人工地盤は、草を生やして屋根下の空間を熱から遮断する。夏は冷たい空気が部屋にとどまり、木陰と同じ環境になる。人工地盤は断熱材を使わず土の表面の熱をそのまま下に通すが、やがて草が成長すれば断熱をしてくれる。また緑被率を高めるという意味でも、人工地盤は有効である。

リビングスペースとエコタワーⅠ、エコタワーⅡは木造であり、人工地盤とは構造を異にする。人工地盤は丸柱で支えられ、独立して立っている。木造の建物と人工地盤の境界面は隙間があり、その隙間はガラスで覆われているが、換気口としての役割もしている。また木造と草の生えた人工地盤を完全に分離することで、境界面が湿気るのを防ぐ役割をもつ。建物周囲の土地は、基本的には人工的に手を加えず、植物も自然植生に合わせて木などを植える。南面全面の地面には植物又は草を生やし、夏の照り返しを防ぐ。住んで何年後かには、木が林のように生い茂り、植物が生え、敷地の元の生態系が復活することを目標にしている。

この住宅は建築面積は広いが、空間を仕切ることによっていくつにも分離することができる。夏の暑いときには窓を開け開放的にし、冬の寒いときには部屋を仕切って小さい空間で暮らす。人間の生活空間にも多様性を求める一方、周囲の敷地も生態系の多様性を取り込み、本来ある生態系の姿をもつ住環境をつくることが求められる。それはそこに住む人が年月をかけて育んでいくべきもので、人間の住空間と生態系の復元との両方を考えた環境を作ることが最終目的である。

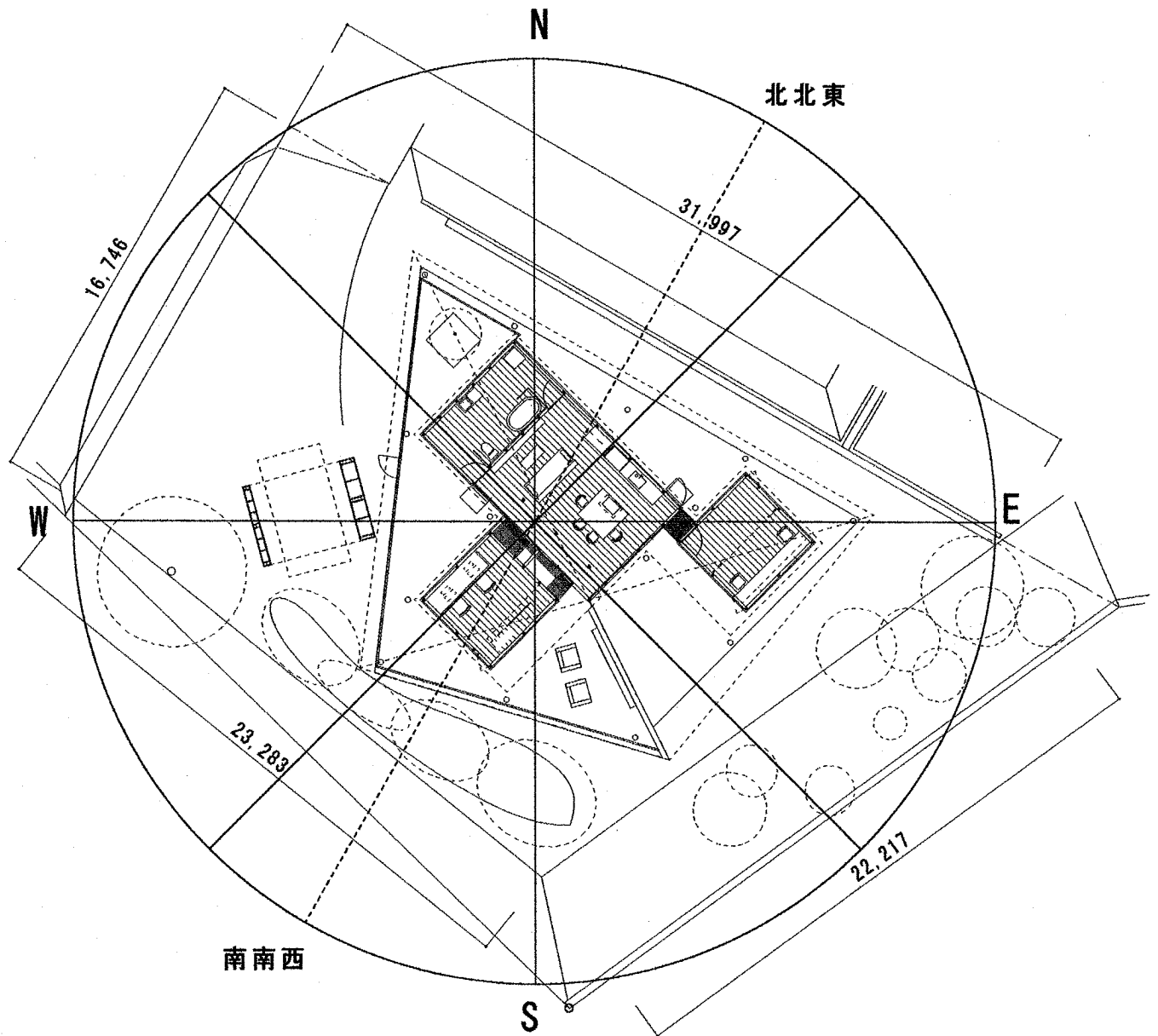


敷地周辺図 GENERAL PLAN 1:400



等高線地図 CONTOUR MAP 1:400

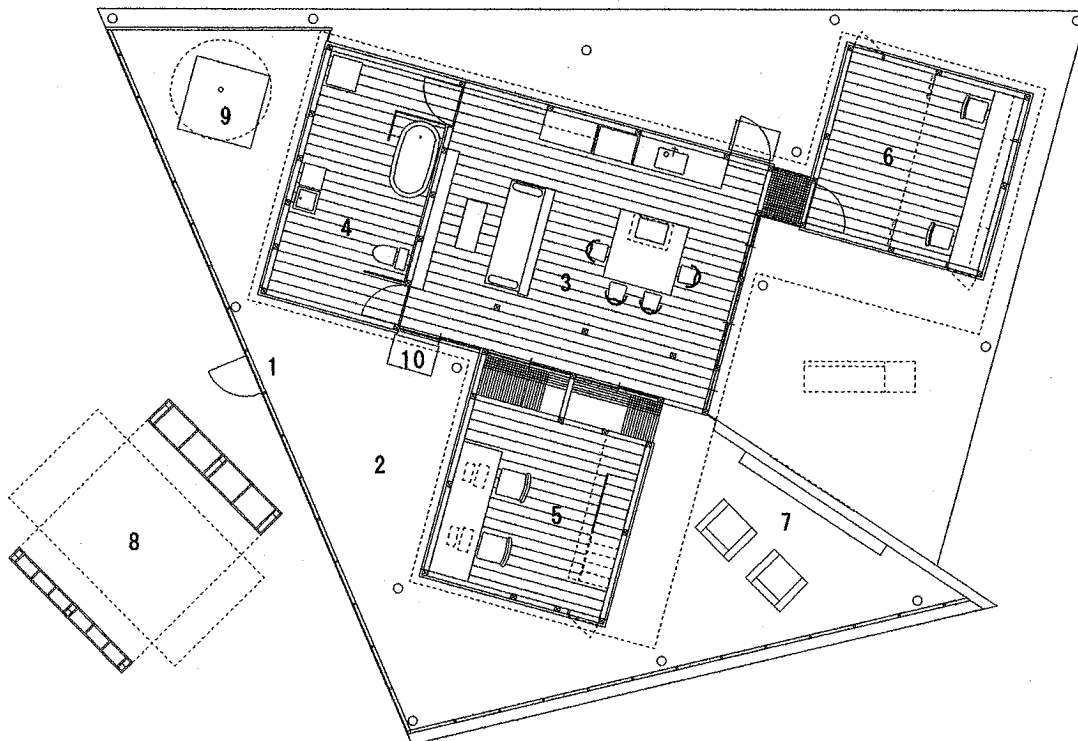
敷地図 Site Plan 1:250



平面図



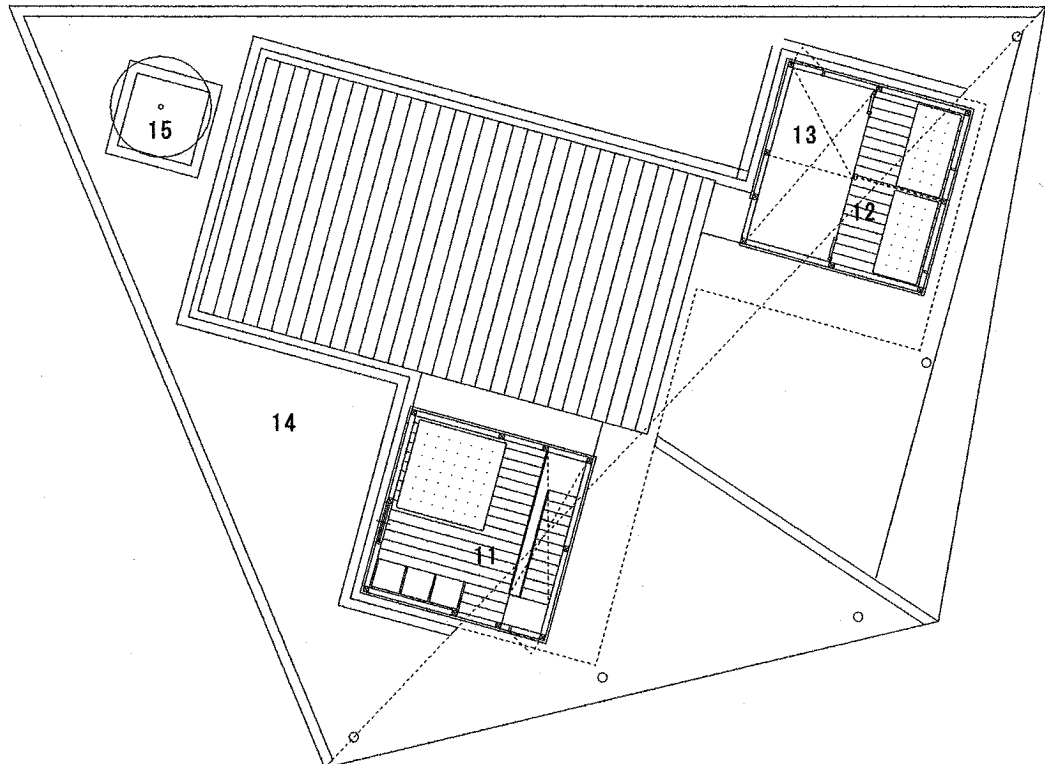
1 FLOOR PLAN 1:150



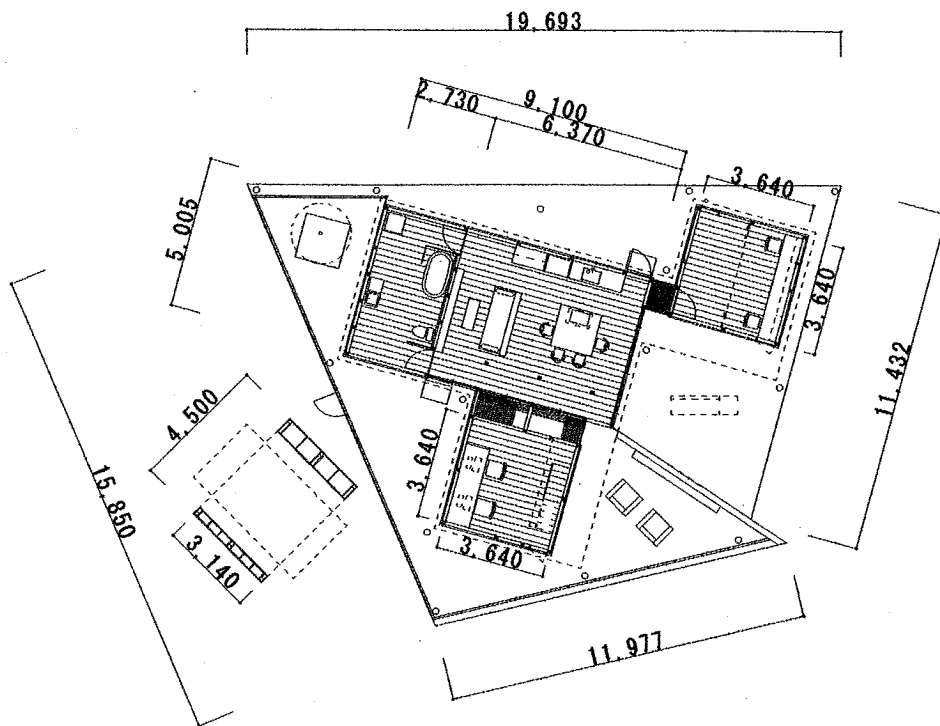
- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1. 玄関 | PORCH |
| 2. サンルーム | SUNROOM |
| 3. キッチン&ファミリールーム | KITCHEN & FAMILY ROOM |
| 4. 風呂&トイレ | BATH & LEST ROOM |
| 5. 書斎 | STUDY ROOM |
| 6. 子供部屋 | CHILD'S ROOM |
| 7. サンルーム&リビング | SUNSHINE LIVING |
| 8. 車庫 | GARAGE |
| 9. バスガーデン | BATH GARDEN |
| 10. 入口 | ENTRY |

平面図

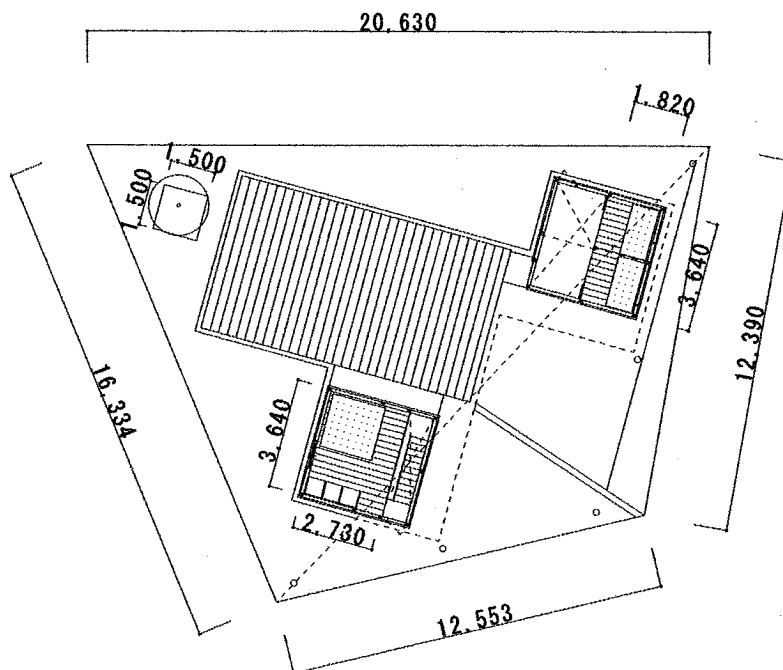
2 FLOOR PLAN 1:150



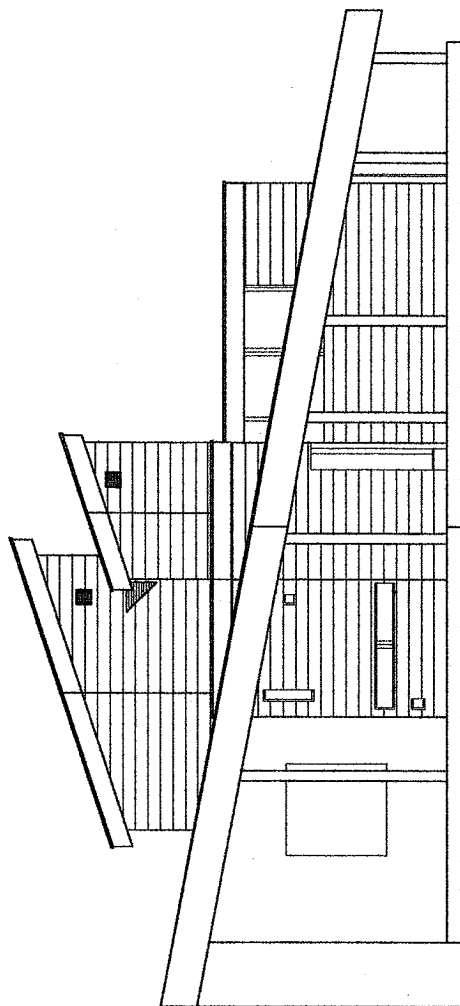
- | | |
|----------|---------------|
| 11. 主寝室 | MAIN BED ROOM |
| 12. ロフト | BED ROOM |
| 13. 吹抜け | STAIRWELL |
| 14. 屋根緑化 | GRASS OF ROOF |
| 15. 植樹 | TREE |



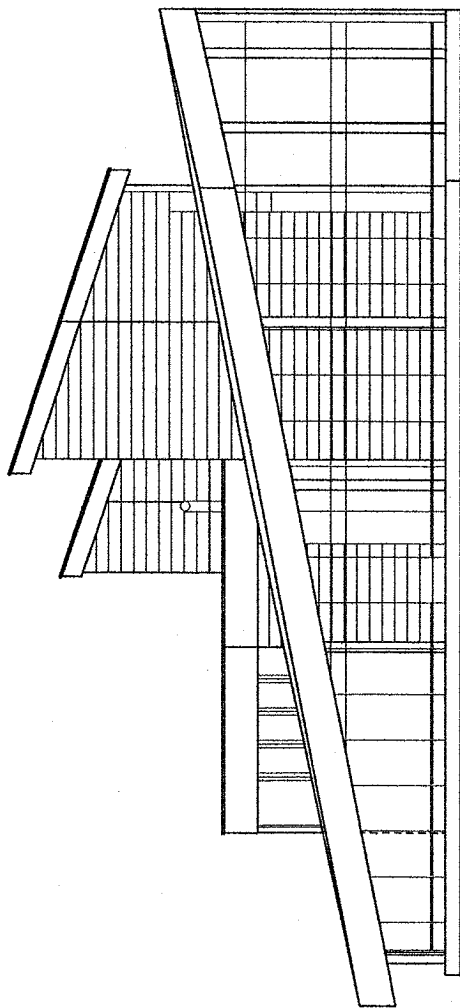
1 FLOOR PLAN 1:300



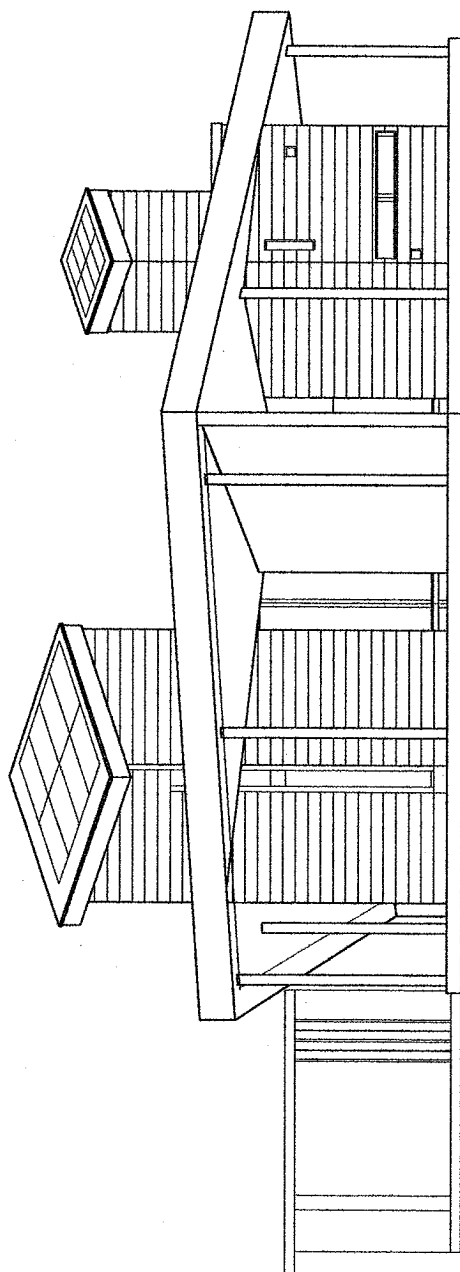
2 FLOOR PLAN 1:300



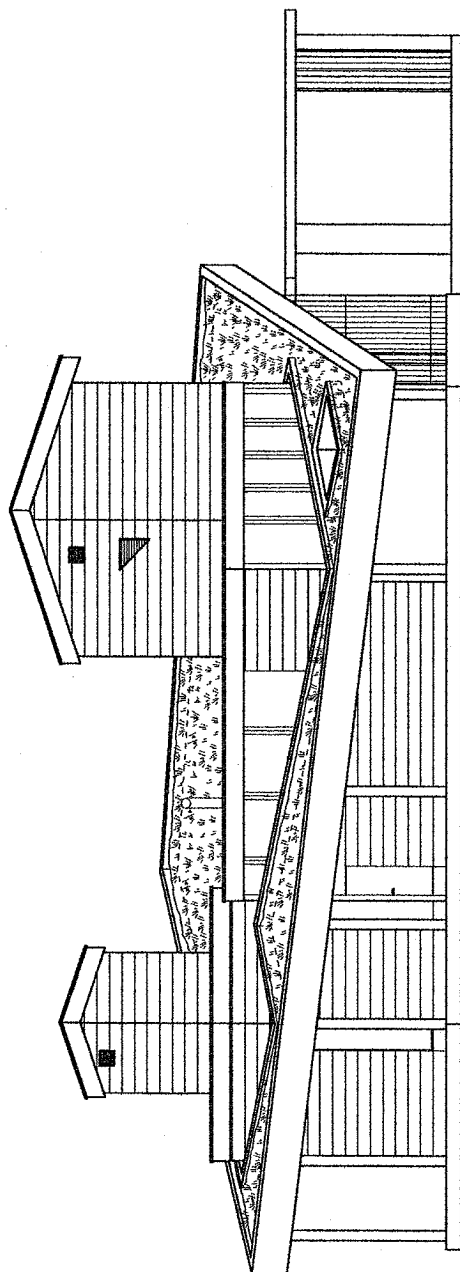
東立面図 EAST ELEVATION 1:150



西立面图 WEST ELEVATION 1:150



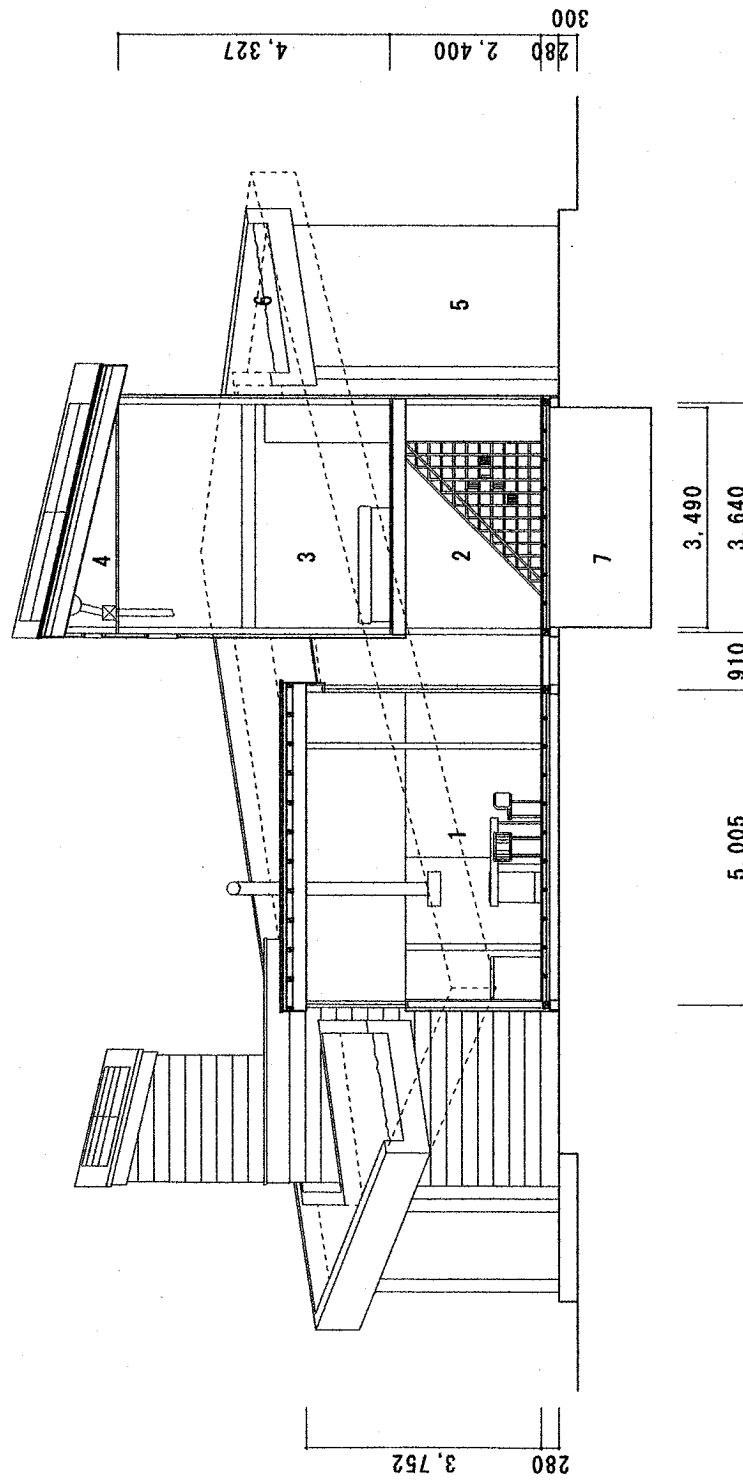
南立面图 SOUTH ELEVATION 1:150



北立面图 NORTH ELEVATION 1:150

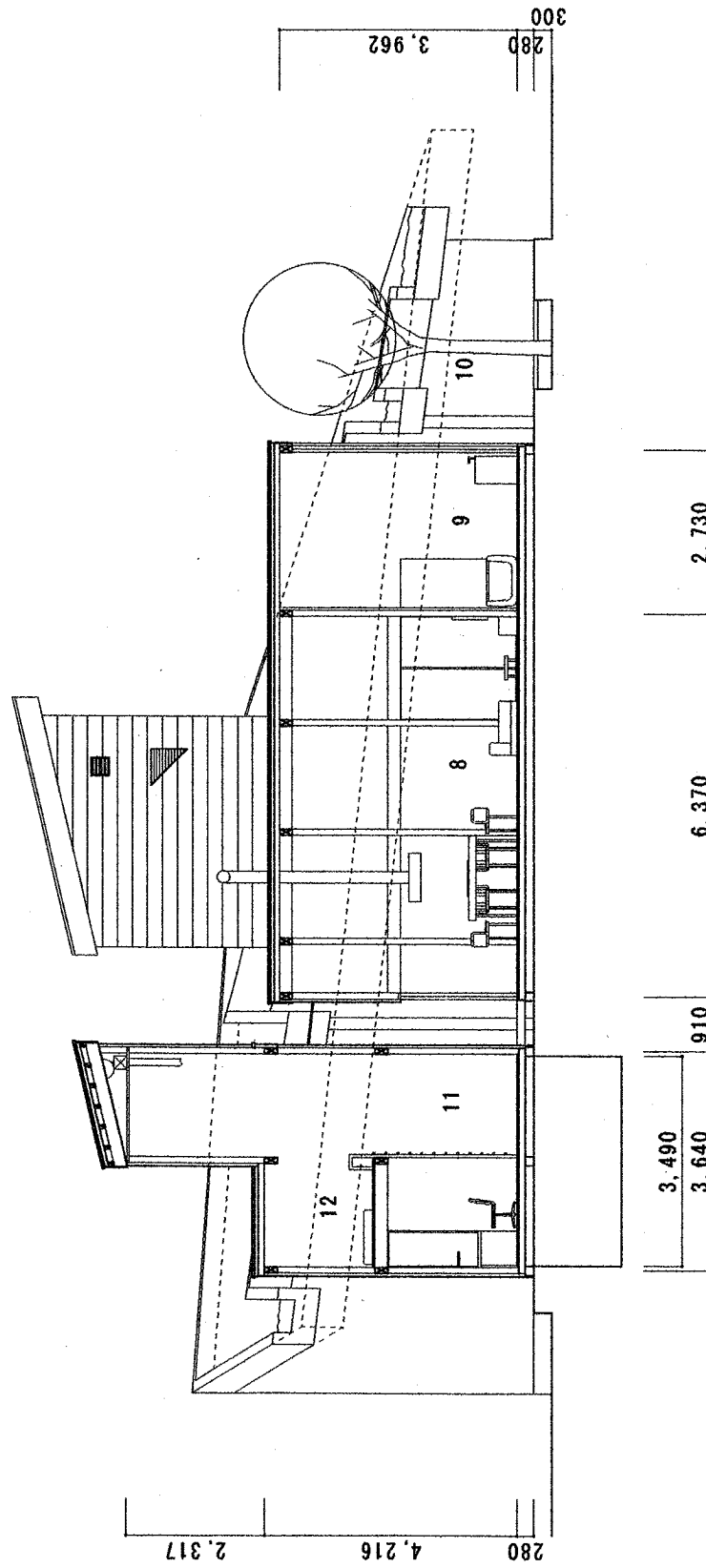
断面図

SECTION I 1:120



断面図

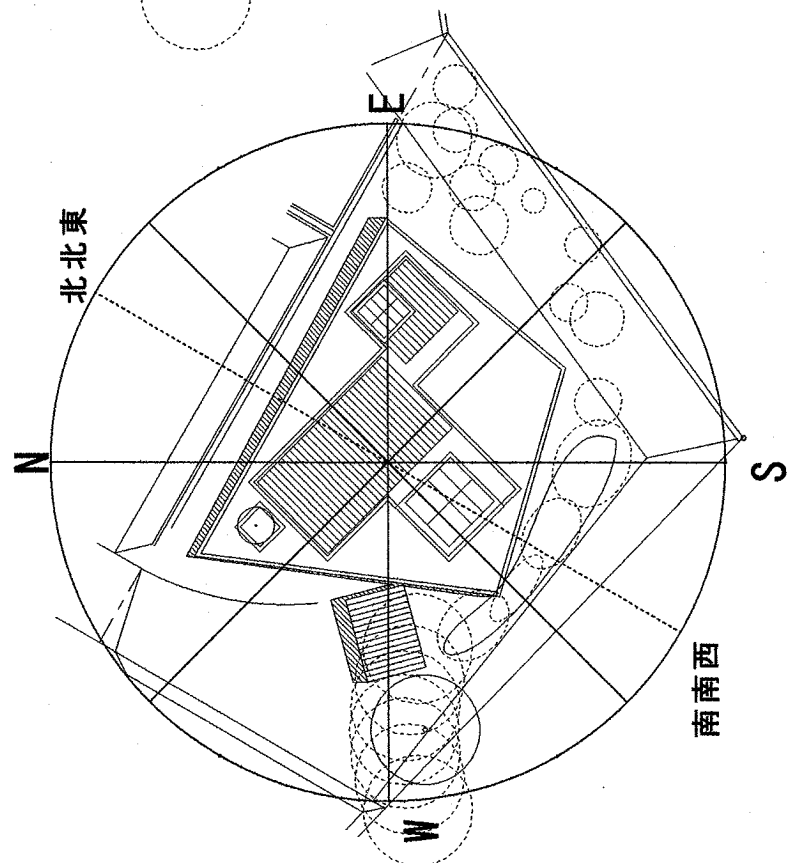
SECTION II 1:120



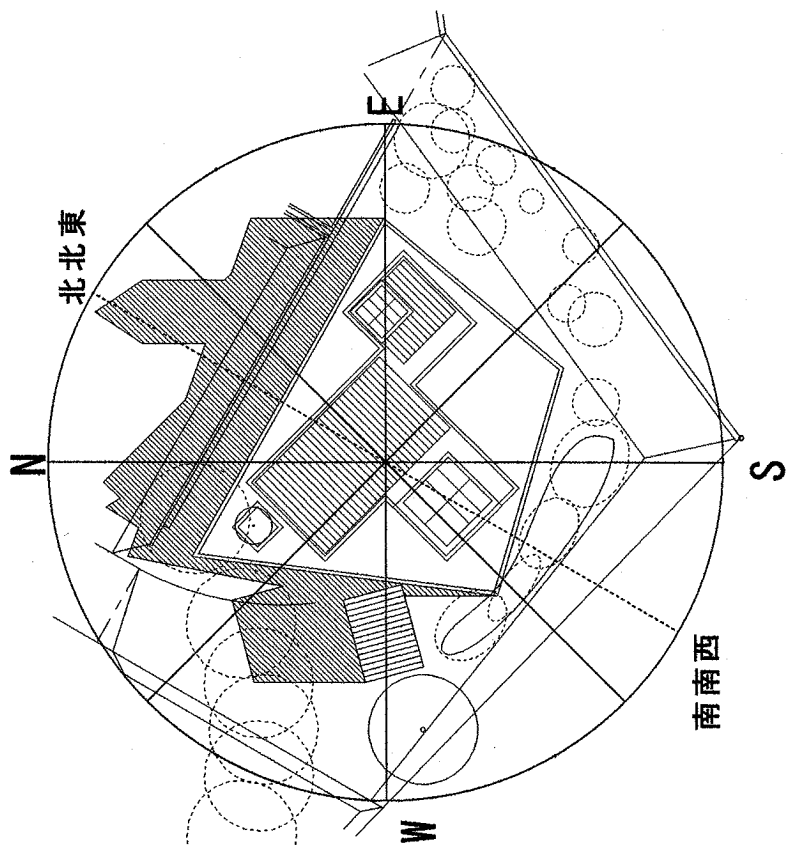
- 8. キッチン&ファミリールーム KITCHEN & FAMILY ROOM
- 9. 風呂&トイレ BATH & LEST ROOM
- 10. バスガーデン BATH GARDEN
- 11. 子供部屋 CHILD'S ROOM
- 12. ロフト BED ROOM

日影図

SHADE OF A HOUSE 1:400



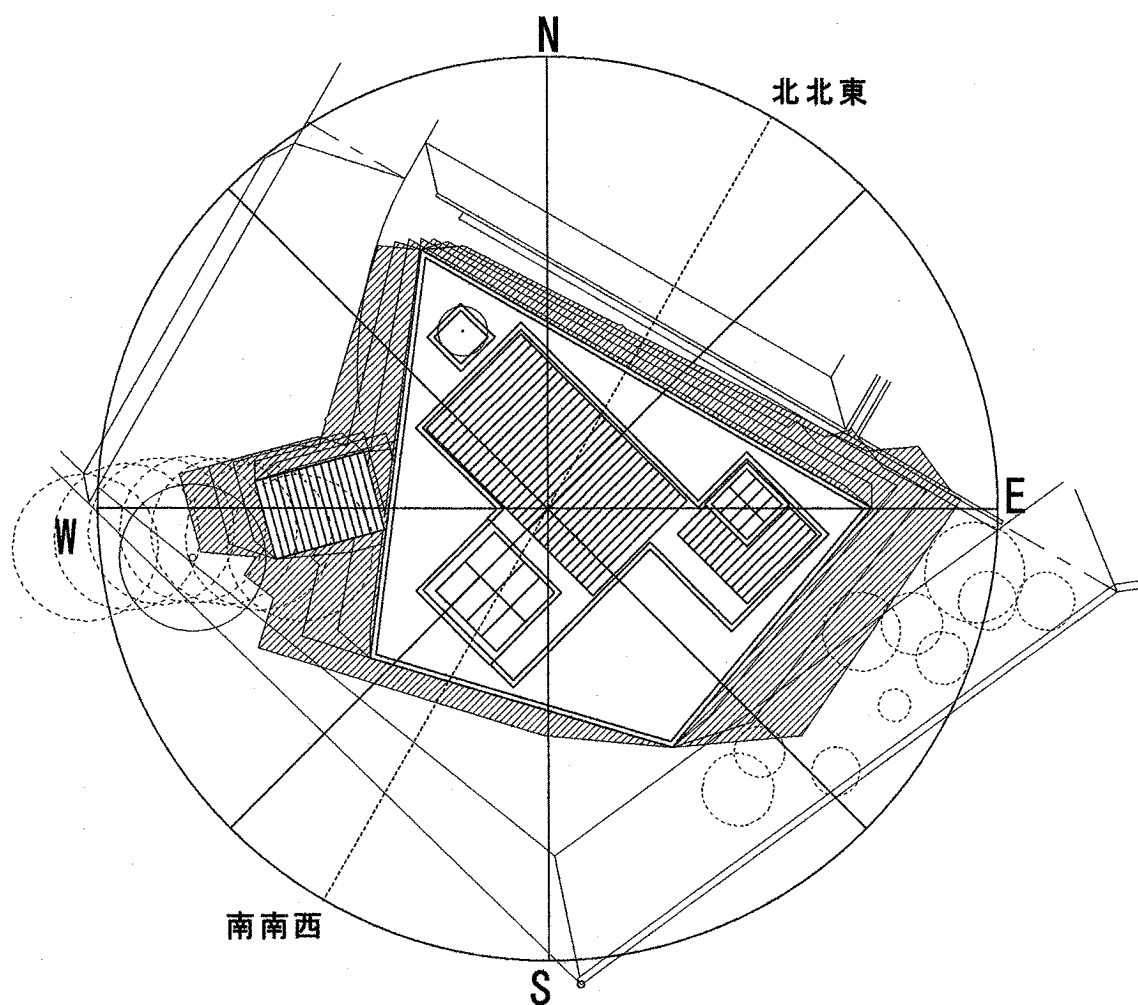
SUMMER 12H



WINTER 12H

日影図

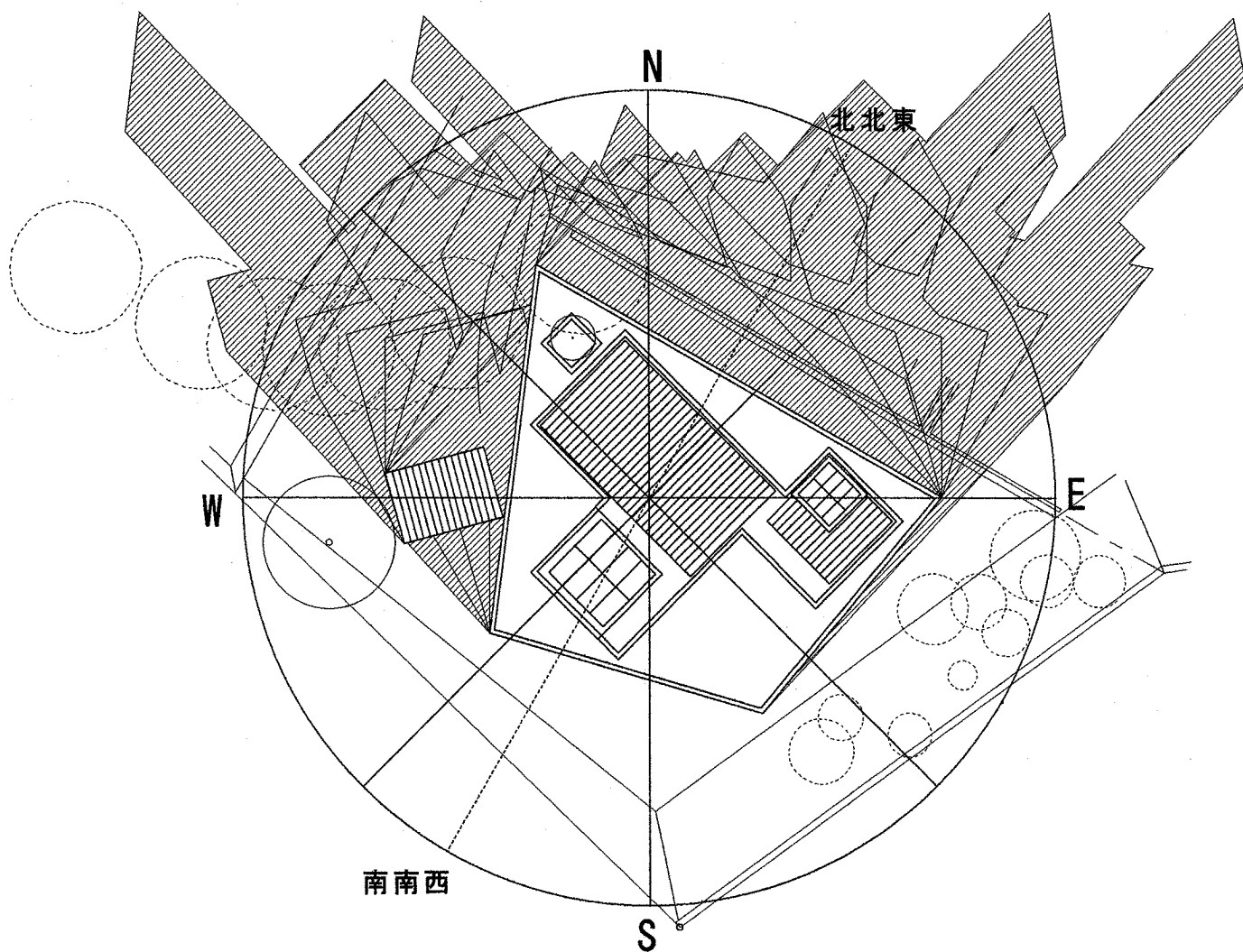
SHADE OF A HOUSE 1:300



SUMMER 9-15H

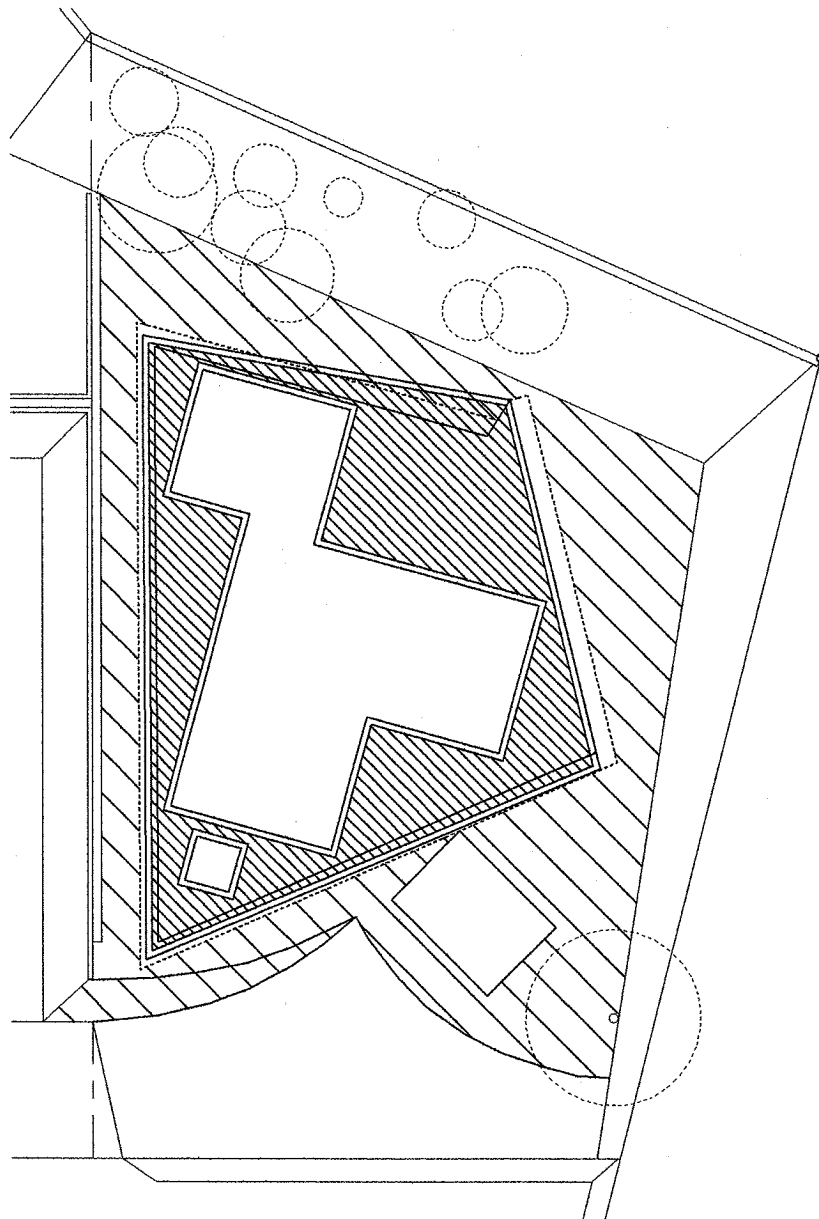
日影図

SHADE OF A HOUSE 1:300



WINTER 9-15H

緑被図 1 : 250



※斜線1mmは屋上の緑被部分、斜線4mmは敷地の緑被部分である。

敷地緑被面積 173.498㎡

屋上緑被面積 104.345㎡

考察

本研究は、有機主義を生物学的に評価することにより、有機主義とヴァナキュラー（土着性）の先にある生態系のシステム（とりわけ多様性が重要視される）を取り入れた住環境の創造を目指していた。建築生態学の中でデザインという形で研究を進め、生態系の一部としての住環境の相互作用、他感作用を視覚的に明らかにした結果、《住宅デザインの生物学的プロトタイプ 図 17-2》を導き出した。住宅デザインの生物学的プロトタイプが示す他感作用は、生態系や住環境の様々な要素を重ね合わせたものであり、視覚的相互作用をデザインした基本的原型である。

この住宅デザインにおける生物学的プロトタイプは、それ自体が地域性を図る物差しになると考えられる。これを住宅デザインの実設計で用いることで、生態系の他感作用をもった住環境づくりと、それぞれの住宅における地域性を視覚的に表現できる。またそれは1戸住居において完結するものではなく、総体的な生態系の中での複合的住環境として作用させることが望まれる。

地域性を図る指標として、また多様性を生み出すデザインの原型として、《住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ》を提案する。

以上が本研究の概要であるが、実際の住環境の創造には、あらゆる関連分野との共同作業が必要不可欠である。この《住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ》が、総体的相互作用を生む住環境を創造するためのデザインの一要素として貢献できることを望むものである。

あとがき

本研究を終えて、当初の目的である“住環境を中心とした生態系・総合的系のデザインの原型”を導くという実験的試みは果たせたように思う。

生態系のシステムを住環境に取り入れるための、Eco-circle というダイアグラムで一つの完結したイメージを導き出したことで、デザインの原型を探りやすくなった。さらに生態系と住環境が切っても切れない関係にあることを強調し、住環境を含めた生態循環というしくみを表現できたように思う。

《住宅デザインにおける生物学的プロトタイプ》は、生態系の総体的相互作用をデザインという形で視覚的に明らかにすることを目指していた。これが実設計においてどのような効果をもたらすかは分からないが、デザインする過程で生態系の総体的相互作用を念頭に置きながら、住環境を創造することができればよいと思う。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご指導、ご鞭撻を賜りました本大学大学院、人間生活学研究科 生活科学専攻 灰山彰好教授、および成瀬哲生教授に、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) ヴィクター・パパネック：生きのびるためのデザイン、株式会社晶文社、1974
- 2) ヴィクター・パパネック：地球のためのデザイン、鹿島出版会、1998
- 3) デヴィッド・ラーキン+ブルックス・ファイファー：
巨匠フランク・ロイド・ライト、鹿島出版会、1999
- 4) 落水荘（フランク・ロイド・ライト）：鹿島建設株式会社訳、同朋舎出版、1995
- 5) 黒沢隆：近代・時代の中の住居、株式会社リクルート、1990
- 6) BIO CITY 「自然循環型社会」の可能性：株式会社バイオシティ、1995
- 7) BIO CITY 「生命都市」をめざして：株式会社バイオシティ、1994
- 8) 川道 麟太郎：建築の造形における形態のアナロジー（建築におけるアナロジーに関する研究 その2）、日本建築学会計画系論文報告集、1989
- 9) 千代 章一郎：ル・コルビュジェの Chapelle de Ronchamp の制作における原型と「音響的形態」、日本建築学会計画系論文集、1999
- 10) 瀬尾 文彰：環境建築論序説、彰国社、1979
- 11) バーナード・ルドフスキー：建築家なしの建築、鹿島出版会、1984
- 12) 黒沢隆：近代・時代のなかの住居、株式会社メディアファクトリー、1993
- 13) 灰山 彰好：環境素材としての「木陰」の研究、
広島女学院大学生活科学部紀要第5号、1998
- 14) OMソーラー協会：日本の建築デザインと環境技術、OM研究所、2001

引用文献

- 1) ヴィクター・パパネック：生きのびるためのデザイン、株式会社晶文社、1974
- 2) BIO CITY 「生命都市」をめざして：株式会社バイオシティ、1994
- 3) 千代 章一郎：ル・コルビュジェの Chapelle de Ronchamp の制作における原型と「音響的形態」、日本建築学会計画系論文集、1999