



建築空間における間接採光手法に関する考察及び設計提案
 Research and Design Proposal based on Indirect Natural Lighting Technique in Architectural Space

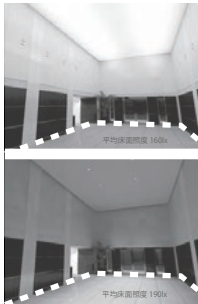


序. 背景と目的

近年、地球温暖化やオゾン層破壊などの環境問題が注目されるようになり、環境に配慮した様々な社会的取り組みが展開されるようになった。建築分野においても環境配慮型建築への意識が高まるようになり、建築計画において採光を取り入れることの省エネルギー効果などが重視されつつあるが、それらは建築の性能として語られることが多く、外光を遮光するか、採光するかといった二者択一的な計画が大半を占める。また現状、光環境は水平面照度といった物理的な光量のみでしか評価されない場合が多く、実空間における光環境を評価するには不十分である。意匠の観点からも、人間の知覚の多くは視覚に依存することから、光環境を活かすことが空間の質を大きく左右する。余剰床面積が増えている現代において建築空間に床面積に変わる新たな価値が求められ、光という付加価値が建築を評価する指標のひとつとなり得るであろう。

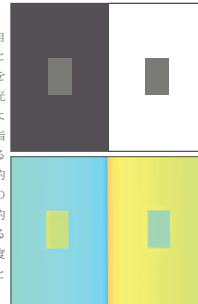
また直接採光は変動が大きく視覚への負担が大きい、グレアによる不快感をもたらすなど問題点が多い、そこで底を伸ばして、影を深くし、障子などにより間接的に光取りをするという日本特有の間接的な採光手法に着目し、本論文で取り上げることとした。

こうした背景から本論文において、建築空間における間接採光手法を取り上げ、その心理的な光量を含めた評価法を再考することで、新たな建築計画とその設計プロセスを示すことを目的とする。



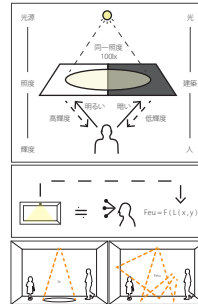
1. 採光の評価方法

1-1. 光環境デザインの現状 これまでは自然光は基本的に天空光だけを利用することとし、昼光率という指標を用いて光環境を検討してきた。また一般的に建築空間の光環境は視作業性を優先し、水平面照度による物理的な光量のみで評価される。この指標では光環境デザインの際に重要視される(1)視認性の確保、(2)用途に応じた視覚的効果の創出、(3)グレアのような不快感の排除、のうち(1)のみしか検証できず実用的ではない。例えば左の画像のように、明るく感じる空間は上の画像だが、水平面照度のみを比較すると下の画像の方が明るいとということになってしまう。



1-2. 明るさ画像を用いた見え方の検討

明るさを評価するには、明るさの対比効果を考慮しなければならない。左に示した画像において、中央部分の輝度値は同一であるが、周囲の色の対比効果によって異なる輝度として認識される。それを考慮して考案されたものが右側の明るさ画像であり、明るさ感という概念である。その明るさ感には光源を物体色として認識できる上限輝度、色モード境界輝度から測定することで精度良く評価できる。



1-3. Feu 理論 色モード境界輝度法は人間の視感評価に頼らなければならないため、照度設計のように設計条件から計算によって値を求められないことが課題であった。そこで岩井らは住宅居住空間を想定した実験を行い、(1)誘導視野内(左右100度×上下85度)の輝度の平均値、(2)幾何平均による視野内の輝度の平均値、(3)1000cd/m以上の輝度を除いた平均値、といった3つの計算式から色モード境界輝度 L_c を推定する方法を検討した。視野内輝度分布 L_c は色モード境界輝度 L_g と高い相関関係を示しており、0.7 乗に比例するとされている。そこで以下の計算式によって求められる値を明るさ感評価指標として Feu と名付けた。

$$Feu = 1.5 \cdot L_g^{0.7}$$

Feu 値を用いることで、1-1 で取り上げた水平面照度と明るさ感が一致しない空間の心理的光量を数値化し、比較することができた。本論文において、 Feu 理論を建築空間における明るさ感を定量化するための指標として以降の分析に用いることとした。

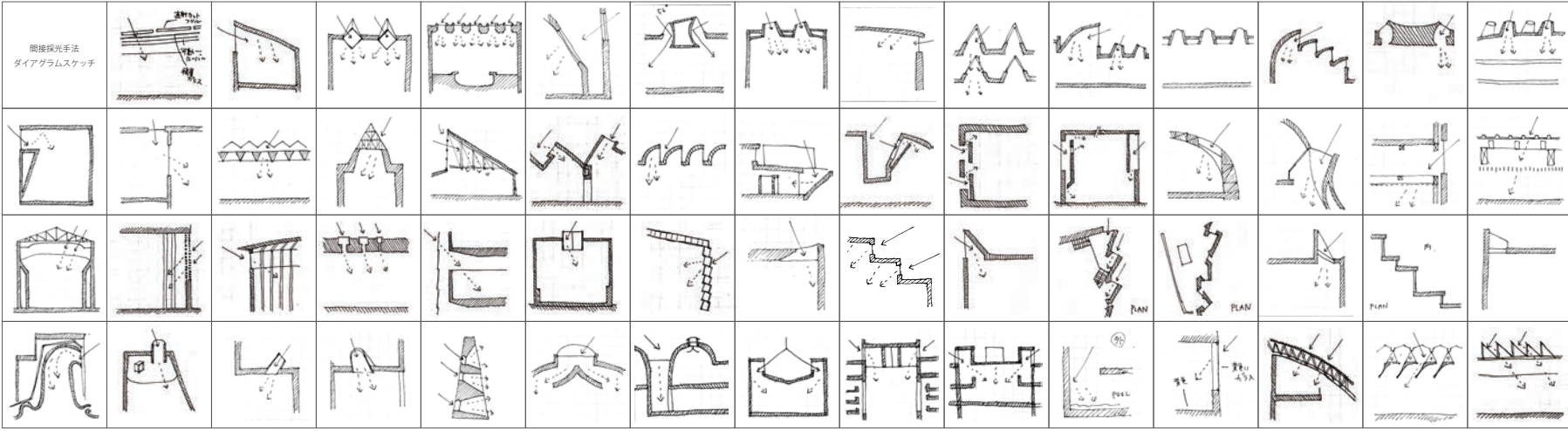
【3つの分析】

序章によって有効性を示した Feu を中心に以下の3つの分析を行った。それらから得られた結果や考察を基に設計提案を行う。

2 採光方法事例分析・体系化

近代以降、建築家によって設計された事例の中から、間接採光手法が見られるものを抽出、ダイアグラム化した。それらを以下の5つに分類し、以降分析・設計の参考とした。

<p>①奥行き型</p> <p>開口部の奥行きによって光を照射する。開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>	<p>4x1 No.40 ケーブルレール照明 (ケーブルレール) は、開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>
<p>②間照型</p> <p>天井に自然光を採り、天井と壁との境界線に沿って光を照射する。天井に自然光を採り、天井と壁との境界線に沿って光を照射する。</p>	<p>4x1 No.42 ケーブルレール照明 (ケーブルレール) は、開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>
<p>③拡散型</p> <p>開口部に設置した天井や壁の境界線に沿って光を照射する。開口部に設置した天井や壁の境界線に沿って光を照射する。</p>	<p>4x1 No.43 ケーブルレール照明 (ケーブルレール) は、開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>
<p>④天井型</p> <p>開口部の天井の構造や色を変化させることで、光の照射範囲を調整する。開口部の天井の構造や色を変化させることで、光の照射範囲を調整する。</p>	<p>4x1 No.44 ケーブルレール照明 (ケーブルレール) は、開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>
<p>⑤反射型</p> <p>天井の構造や色を変化させることで、光の照射範囲を調整する。天井の構造や色を変化させることで、光の照射範囲を調整する。</p>	<p>4x1 No.45 ケーブルレール照明 (ケーブルレール) は、開口部の奥行きと天井の高さの比率によって光の照射範囲が異なる。</p>

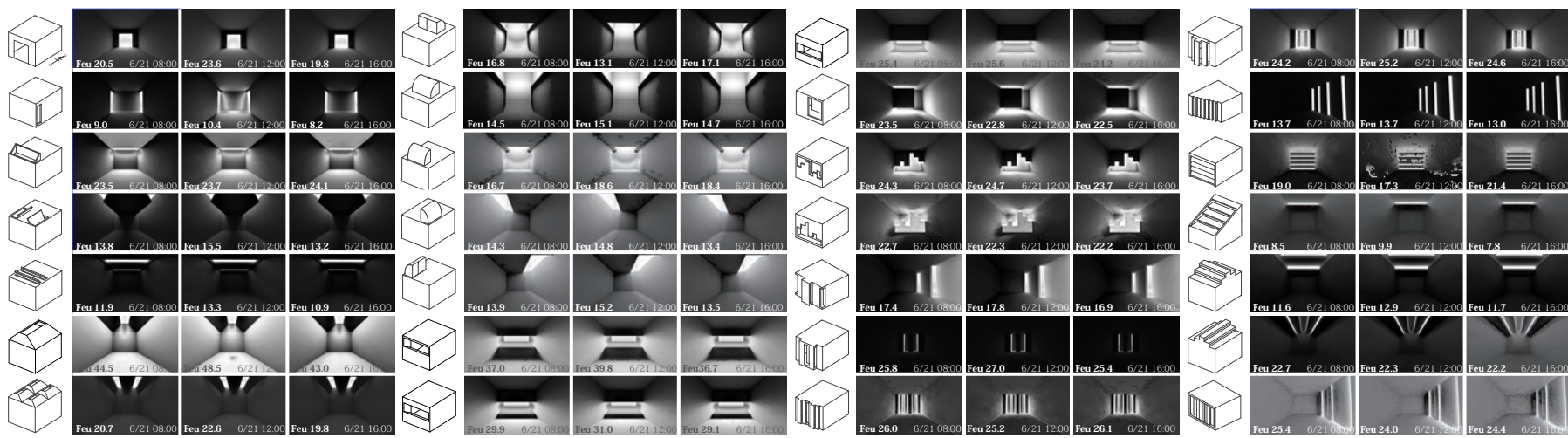
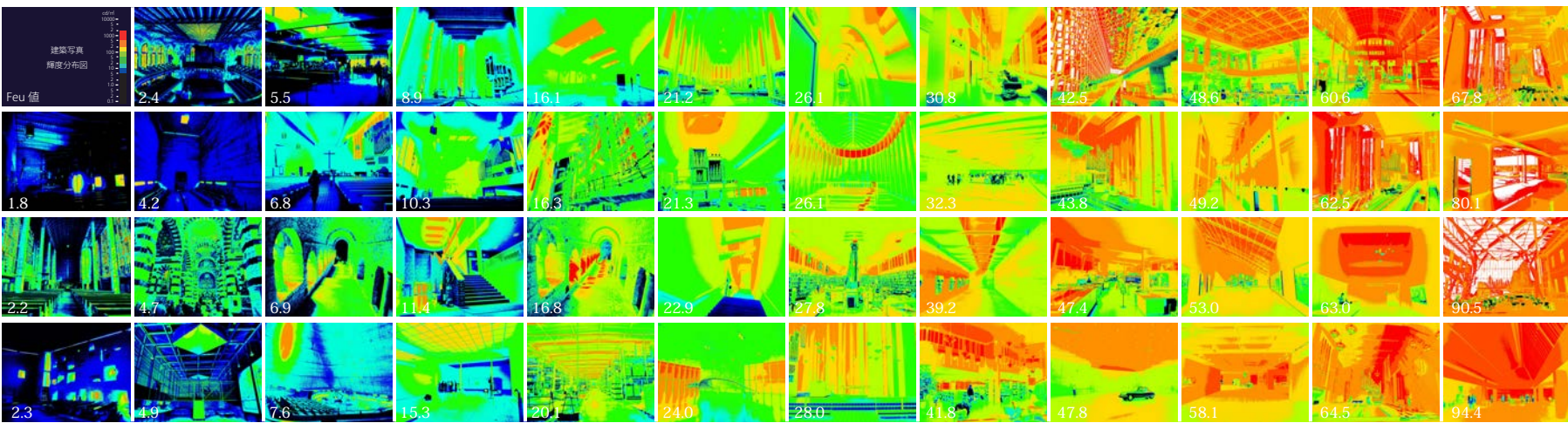


3.1 建築事例写真分析

間接採光手法によって得られる効果を建築写真から分析を行った。異なる条件下で撮影された写真を同時に比較するために、実空間上の輝度と、カメラが jpg データとして現象する際の信号値の対応関係を、図5の装置を用いて検証し、輝度分布図を作成。そして Feu 値を算出した。本来明るさはどれくらい明るいという感覚で定性的な評価しかされ得なかったが、Feu 理論を用いて数値化することで明るさの違いを一覧することができた。それらの輝度分布画像を分類別に見ると、奥行き型の空間は Feu 値が低く、照射型の空間は高い傾向にあることがわかる。それは Feu 値による評価が、水平面照度による評価と異なっており、視界内の壁面や天井面といった広い範囲を照らしている場合に明るさが高くなるということが言える。同様に面的に空間を照らす素材型も比較的高い明るさを得られる場合が多いことがわかった。一方、本分析では時間別評価が難しい。撮影範囲や視野が一定でないなどの理由から、各開口部の性質を厳密に比較するに至らなかった。次項よりこれらの考察を元に、更なる分析を行った。

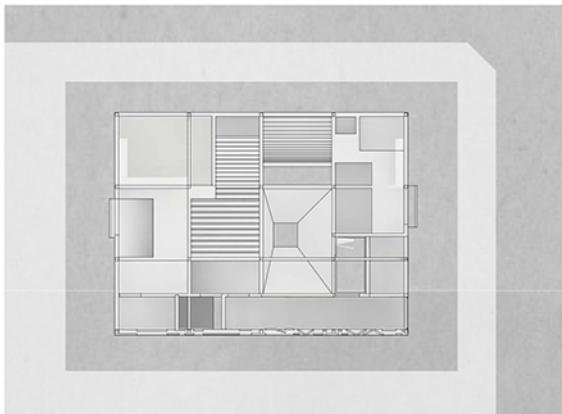
3.2 建築事例3D分析

本項では写真分析で得られた考察を詳細に検証する為、3Dモデリングを用いた分析を行った。シミュレーションモデルとして一般的なサイズの居室、約8畳の居室 (W3200mm×D4000mm×H2400mm) を仮定した。またこうした居室には 1800mm×1800mm 程度の開口部が設けられることが多いことから、その開口部面積 3.24 m² を固定し、異なるパターン・形状の開口部によるシミュレーションを行う。信頼性が高いとされる radiance を用いて下部の条件でレンダリングを行った。また前述と同様に Feu 値による分析を試みた。以下の輝度値を用いてレンダリング画像から各ピクセルに対応する信号値 RGB を輝度値へと変換し、求められた輝度分布から Feu 値の算出を行った。 $luminance = (0.298912 \times R + 0.586611 \times G + 0.114478 \times B)$ 直接光が入るモデルに対し、他の間接採光手法では 1日の中での Feu 値、明るさの変動が小さいことがわかる。また輝度分布図を見ても、直接採光モデルは輝度値が非常に高いことがわかるが、人間の視覚は空間に順応するため、明るさのコントラストは小さい方が明るく感じやすい。それによって他の間接採光手法よりも Feu 値が小さくなる。直接採光モデルよりも間接採光モデルの方が明るく感じやすい空間がつけられることが言える。また各間接採光手法から、それぞれの手法によって照らされる面が異なることが見られ、それらに対して異なる用途を当てることができると考えられる。またモデリングのパターンを微調整しながら検証した。例えばコハ・レイヴィス氏の建築によく見られる壁面を雁行させることで隙間から光を取り入れ、壁面を照らすパターンを様々な方向に配置して検証した。分割数を変えたり、幅を変えたりすることで違いを考察した。空間を天井面から均一に照らすモデルは輝度分布も均一になるが、壁面を照らすモデルでは輝度分布に差が生まれるため、視界のどの位置に開口部が入るによって明るさも異なる。そうした行為の向きを考慮した開口部デザインが求められる。こうした考察を基にこれらのパターンを設計のツールとして利用することとした。

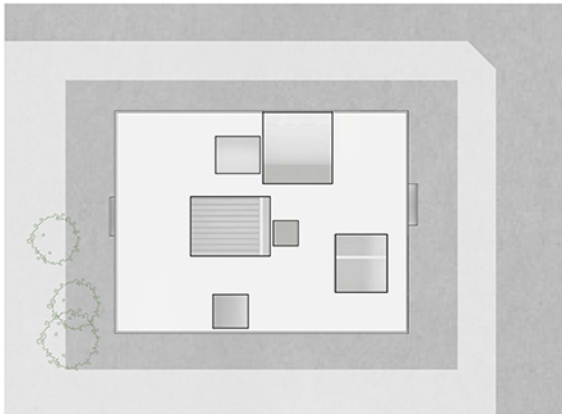




- plan s=1/100 GL +1200



- ceiling plan s=1/100



- roof plan s=1/100

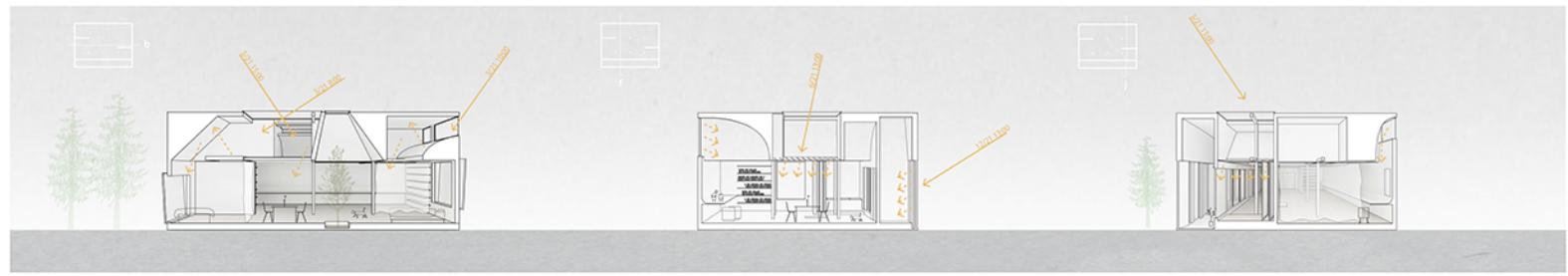
2730mmスパンのシンプルな木造グリッドによってつくられた平面は空間をなにも規定しない。構造や素材上なんら妥協のないシンプルなこの住宅は屋根裏空間のみが従来の建築と異なる様相を示す。
 方角や採光手法の性質を手がかりに、屋根裏に開口を配置していく。開口部は時間によって、異なる光環境を平面上につくりだしていく。南側には雁行するように配置された、陰影を生み出す壁が配され、東側から光を受け、溜め込む土間空間に、北側には北からの柔らかな光が落ちる長いテーブルを、そして中央には上部からの光を取り入れた空間がつくれる。光環境をベースに建築設計スタディを重ねて設計されたこの住宅平面に洗われるのは最小限の取入れのみである。こうして光によってゆるやかに規定された空間には、住人が時間によって、天気によって、そのときに応じて自由に場所を選んで生活する、プリミティブな風景が繰り返される。光によって空間に性格が付加される、現代の新たな価値をもった住宅である。



- a section s=1/100

- e section s=1/100

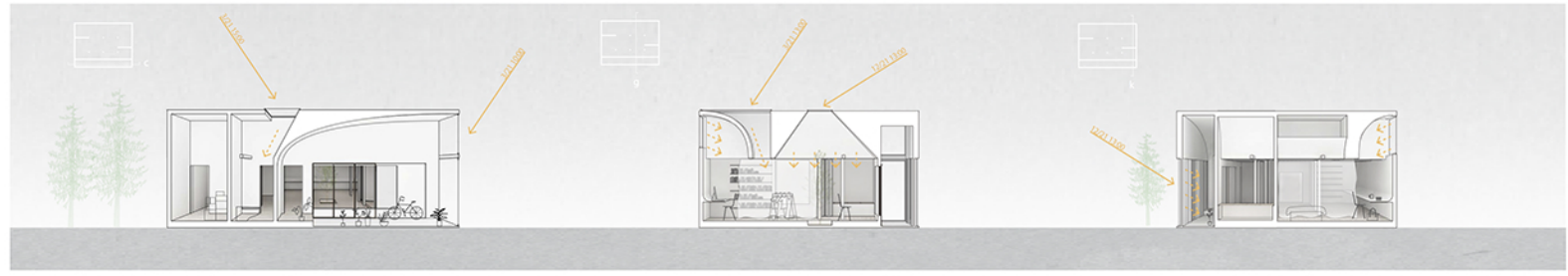
- i section s=1/100



- b section s=1/100

- f section s=1/100

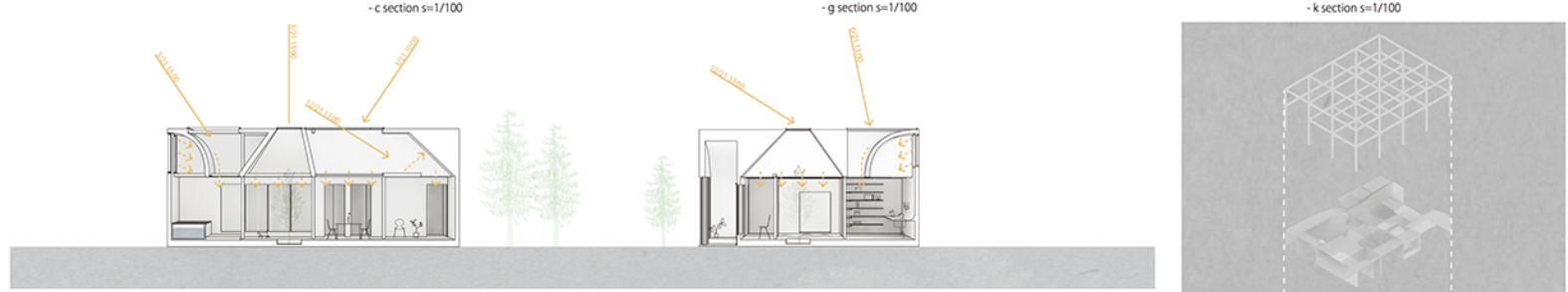
- j section s=1/100



- c section s=1/100

- g section s=1/100

- k section s=1/100

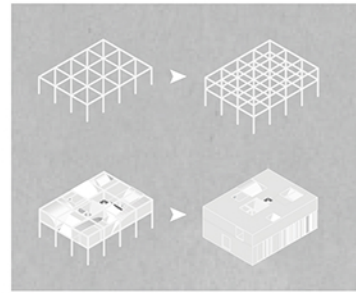


- d section s=1/100

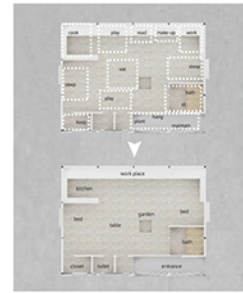
- h section s=1/100



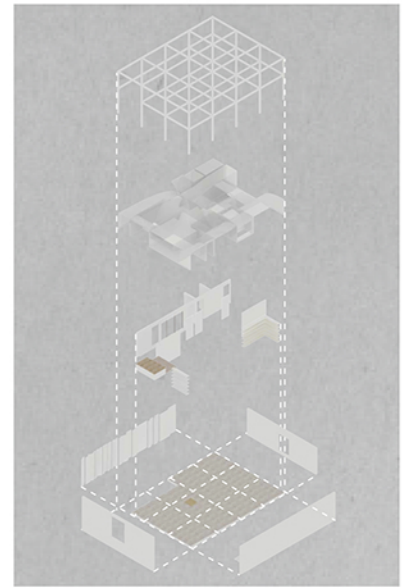
- site plan s=1/500



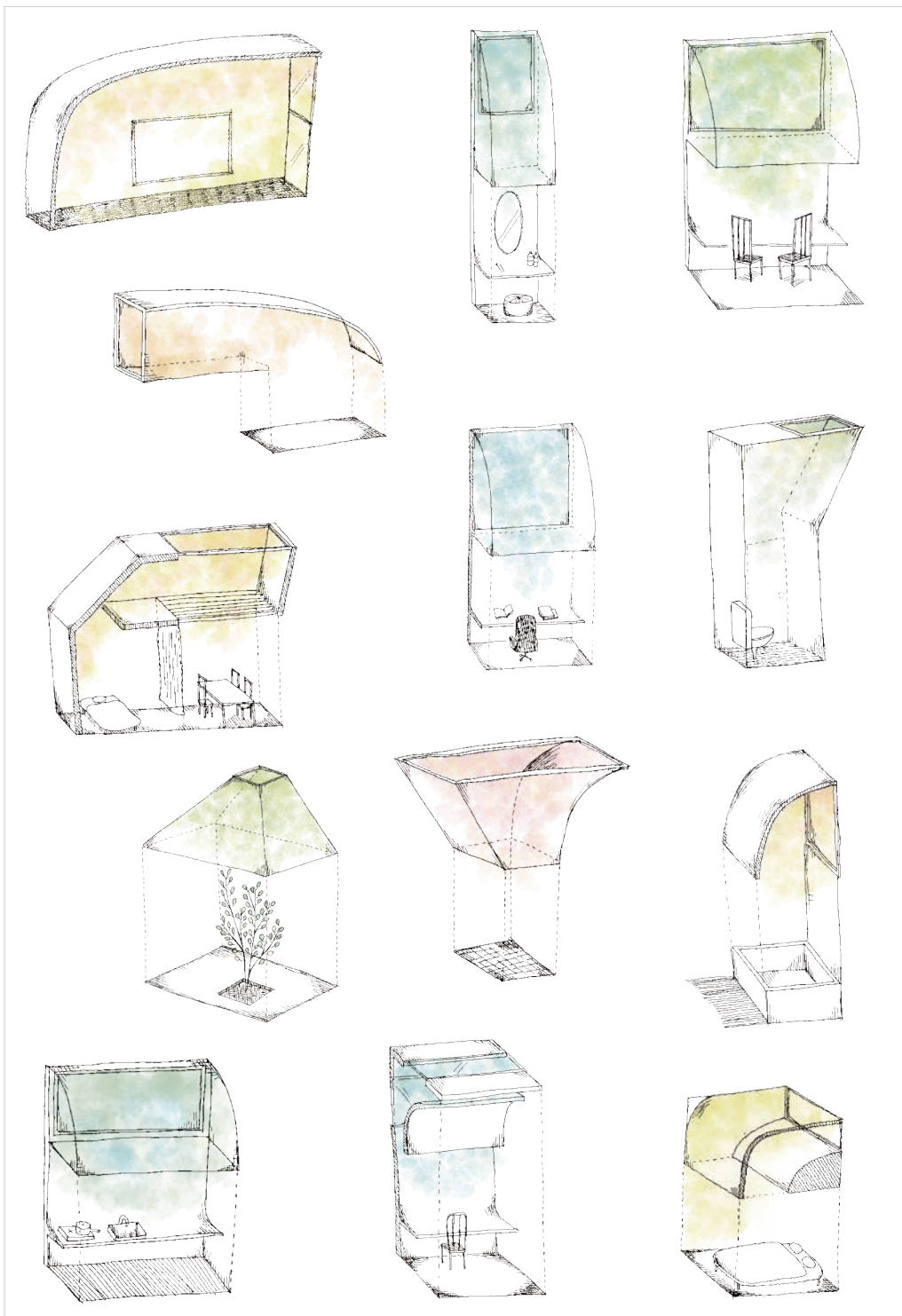
- 間接採光手法を用いた設計プロセス



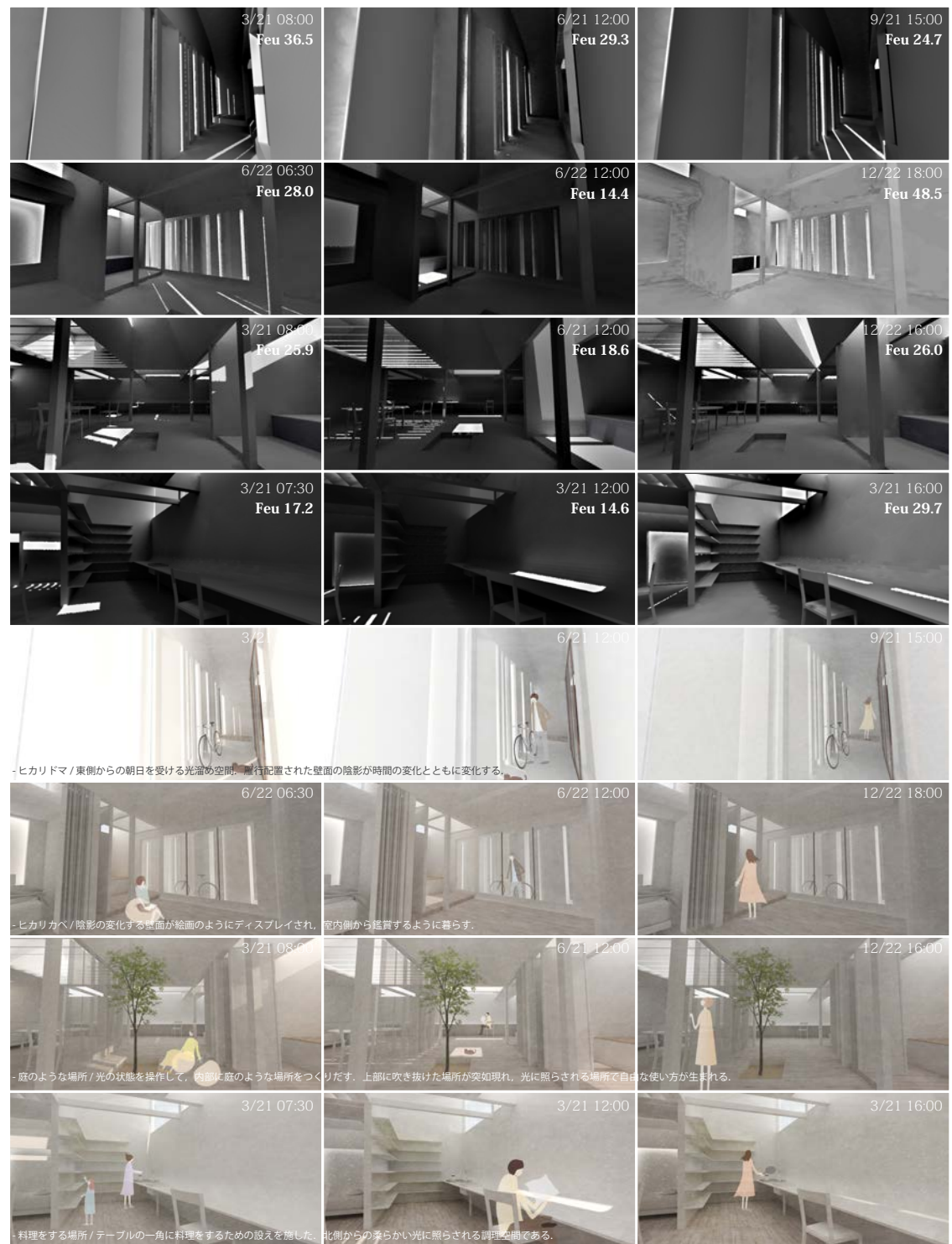
- 光の状態によるアクティビティデザイン



- アクソメトリック図



-スケッチダイアグラム / 空間の気積



-ヒカリドマ / 東側からの朝日を受ける光溜め空間。天井配置された壁面の陰影が時間の変化とともに変化する。

-ヒカリカベ / 陰影の変化する壁面が絵画のようにディスプレイされ、室内側から鑑賞するように暮らす。

-庭のような場所 / 光の状態を操作して、内部に庭のような場所をつくりだす。上部に吹き抜けた場所が突如現れ、光に照らされる場所で自由な使い方が生まれる。

-料理をする場所 / テーブルの一角に料理をするための設えを施した。北側からの柔らかな光に照らされる調理空間である。

-空間のFeu値とアクティビティイメージ