

# 室内の光，視環境の予測・表示手法の開発

渡辺 眞知子 小宮 英孝  
宮川 保之 齊藤 満

## Development of Prediction and Presentation Techniques for Interior Lighting and Visual Environment

Machiko Watanabe Hidetaka Komiya  
Yasuyuki Miyagawa Mitsuru Saito

### Abstract

This research and development undertaking aims to make it possible to design multiple housing according to the wishes of the occupants by predicting sunlight conditions and illuminance or luminance distribution in interiors by artificial lighting and daylight and displaying them in a realistic manner on CRT.

For artificial lighting the authors used TBT (Turbo Beam Tracing) software already commercially available and developed a program suitable for any shape of building. By this means an interior lighting environment can be accurately reproduced while changing lighting apparatus and altering the positions and shapes of windows, etc. at will. It is also useful for allocating rooms and deciding on the locations of furniture.

### 概要

本研究開発は、人工照明や昼光（自然光）照明による室内照度、輝度の分布そして日照・日当たり状態を予測し、これらをリアルに画面上に表現することによって入居者の希望通りの設計が出来るようにするものである。人工照明においては、すでに市販されている照明解析用ソフト TBT (Turbo Beam Tracing) を用い、昼光照明では建物の任意形状に対応したプログラムを開発した。これにより照明器具を変えたり、窓位置・窓形状等を自由に変化させながら室内の光環境を正確に予測でき、部屋割、家具の配置等を決定する上でも大いに役立つものである。

### 1. はじめに

本研究の課題は、「個性的で、高品質な住宅を適正な価格で供給する」システムを確立するプロジェクト（通産省の委託研究）のうち、照明や日照等の光環境や住宅内外の視環境に関し、「住まい手の要求を的確に把握し、設計にフィードバックする」システムを開発することである。今回はこのうち、室内の光環境の予測・表示方法等について研究を行ったもので、光環境性能としては、以下の3種類を対象とした。

- 人工光による室内光環境
- 自然光による室内光環境
- 日照・日当たりによる室内光環境

上記のうち、a と b は光源の違いによって分けたもので、前者は明るさ（照度）のような物理量と、雰囲気のような感覚量の両者の予測・表示が望まれている。また、b と c は現実に忠実でしかもユーザーに分かりやすい物理表示が必要とされる。これらの光環境を予測し、リア

ルに画面上に表現するプログラムを開発することにより、照明器具や窓の位置・形状等の的確な決定が可能となる。また、このプログラムは、部屋割、家具の配置等を決定する上でも大いに役立つものと思われる。

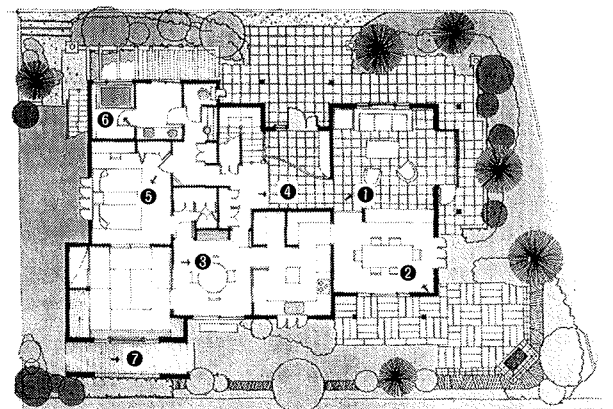


図-1 シミュレーション対象住宅

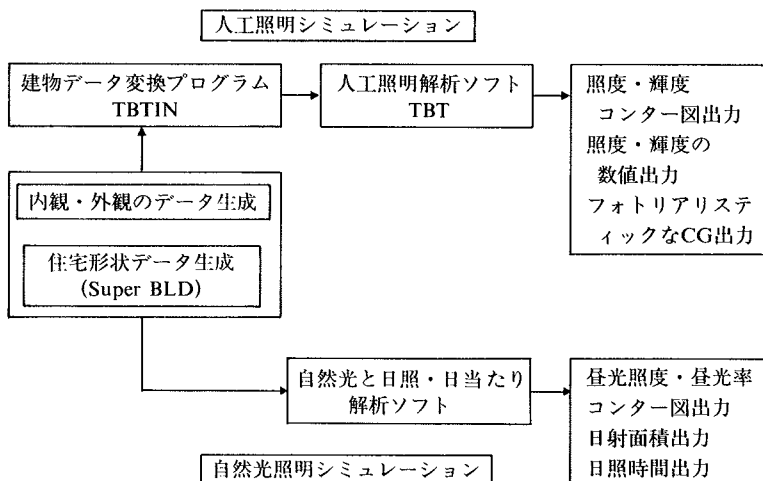


図-2 光視環境システムのシミュレーションの流れ

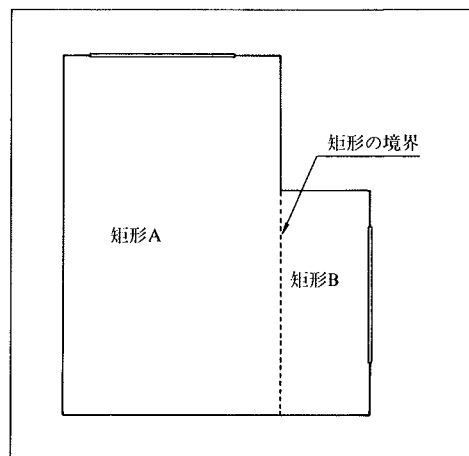


図-3 部屋に対する矩形領域の分割例

## 2. 対象住宅と処理の流れ

### 2.1 対象住宅

今回、シミュレーション対象とした建物は、あるプレハブメーカーのモデルハウスである。対象住宅の平面図を図-1に示す。このうち1階のリビングルーム・ダイニングルームについてシミュレーションを行った。

### 2.2 処理の流れ

人工光、自然光、ならびに日照・日当たりシミュレーションの流れを図-2に示す。

## 3. 解析方法

### 3.1 人工光による照明シミュレーション

**3.1.1 概要** 現在、人工光による室内シミュレーション手法には、室内を任意のメッシュに分割し、各点の照度・輝度を計算して求め、等照度図などを描く逐点計算法と、光線追跡によってフォト（Photo）・リアリスティックにシミュレーションできるレイ・トレーシング法や熱力学の手法を応用したラジオシティ法などによるコンピュータ・グラフィック手法等がある。人工照明では主に雰囲気の評価を重視する必要があるため、その要求に答えるため、本研究においては、市販の人工照明解析ソフト TBT（Turbo Beam Tracing・インテグラ社）を用いることとした。このソフトは、相互反射も考慮した双方向レイ・トレーシング法によるもので、照明器具の配光や材料の拡散反射、鏡面反射も考慮したソフトで、フォト・リアリスティックな映像をCRT上に表示することが出来るものである。人工照明シミュレーションを行うにあたり、富士通CADアプリケーション“Super BLD”による住宅の形状および属性データを、TBT用の入力データに変換するためのプログラム（TBTIN）を開発した。さらに、これらのデータに照明器具の配光データや内装材の属性等を加えて人工照明のシミュレーションを実施した。

### 3.2 自然光による照明シミュレーション

**3.2.1 概要** 平均的な天空輝度分布下において期待できる自然光による明るさをシミュレーションするシステムで、明るさを表す指標として昼光率と昼光率を用いた。ここでは、平成3年度に中村・沖らが開発した昼光照明計算のアルゴリズムに基づくプログラムの基本設計を行い、これを基に平成4年度は、プログラムを開発し、シミュレーションを試みた。さらに、平成5年度は任意形状の部屋も計算できるように前年度に開発したプログラムの改良を行った。

(1) 昼光率の計算 昼光率の計算は、  

$$\text{昼光率} = \text{直接昼光率} + \text{間接昼光率}$$

から求められる。

任意形状に対しては、図-3に示すように部屋をいくつかの矩形領域に分割する。これにより矩形Aと矩形Bとの間に境界面が発生する。この境界面には、ある等価反射率を有する仮想面があるものとして作業面切断の式を適用して、間接昼光率を計算する。直接昼光率の計算は、計算対象面上の各検討点に対して窓から直接天空が見えるかどうかを判断する必要がある。この後、各窓の計算点に対する立体角投射率を計算して直接昼光率を求める。部屋の天井高が異なる場合や天井面が傾斜している場合等についても以上に示した方法を適用して昼光率を計算する。詳細な算出方法については文献2)～6)を参照されたい。なお、本システムの解析に適用した天空の輝度分布は、平均天空であるがこのほかに一様天空、CIE標準曇天空の設定も可能である。

(2) 昼光率の計算 昼光率の値は、上記の昼光率と確率的に示されている全天空照度の積として求めることが出来る。

**3.2.2 自然光シミュレーションシステムの処理の流れおよび操作方法** 本システムは「外部データ部」、「データ処理部」、「画面表示部」の3つの部分で構成されている。外部データ部には建物データ、各種内装材の平均

反射率、窓ガラスの反射率・透過率、窓の保守率等が格納されている。データ処理部においては、補助データとして、窓外障害物(平均高)、部屋の方位、天空の輝度分布種別、作業面(計算面)の高さ、作業面の計算点の間隔が登録されている。また、あらかじめ計算してファイル化されているデータとしては、単位立体角投射率当たりの直接昼光率、窓面昼光率、全天空照度などの情報がある。

計算結果の表示については、昼光率や昼光照度をユーザーに分かりやすくするためにカウンター図を用いた。なお、本システムでは、建物データの内、窓のガラスの種類、窓の保守率、窓の有効面積率が設定出来る。

また、本システムではウィンドウ・システムを用いてシステム全体の操作性を統一している。図-4に本システムの流れを示す。

### 3.3 日照・日当たりシミュレーション

**3.3.1 概要** 建物の緯度・経度、および年月日等を指定して、室内にどのように日が当たるのかを解析するシステムで、日射面積や日照時間を求めるものである。日照・日当たりシミュレーション機能は、既に示した自然光シミュレーションシステムに組み込んだ形をとっている。

(1) 日照時間計算方法 基本的な考え方は、年月日から日の出、日没時刻を求めて、この間を任意時間で区切り各時間の太陽の位置を計算する。各時刻における太陽位置により、計算対象である窓に対して影を落す可能性のある面を求め、影の図形を計算する。窓の形(多角形)からこれら影の多角形を減算し(多角形の理論差ロジック)、全ての影を処理した結果、窓の多角形が少しでも残っている場合にはその時刻に太陽が当たっていると考える。太陽の日射が当たり始めてから当たらなくなるまでをその窓に対しての日照時間とする。

(2) 日射面積の計算方法 日射面積は日照時間と違い、年月日時刻を指定してその時に窓から太陽光が室内にどのように日射を落すかを解析するものである。したがって、まずユーザーに解析したい年月日時刻を指定してもらう。解析部の基本的な考え方は、指定された年月日時刻での太陽の位置を計算する。この太陽位置により、計算対象である窓に対して影を落す可能性のある面を求め、実際に面が窓に落す影の図形を計算する。窓の多角形からこれら影の多角形を減算し、全ての影を処理した結果得られる多角形(影の部分を除いた窓面)と太陽の位置ベクトルを使用して、室内の各面との理論積(多角形の理論積ロジック)を求める。全ての窓に対して、この処理を行った結果得られた理論積多角形が、指定された時刻に対する日射面積部分である。表示は、指定した日を5分割して各時刻における日射面積を同一画面上に同時に表示(同じ部屋に対して時刻毎に色分け表示)した。ここでは特に3次元表示(ワイヤーフレーム)を行うことにより解析結果を様々な角度から表示出来るとともに、壁面等に対する日射部分の表示も可能とした。

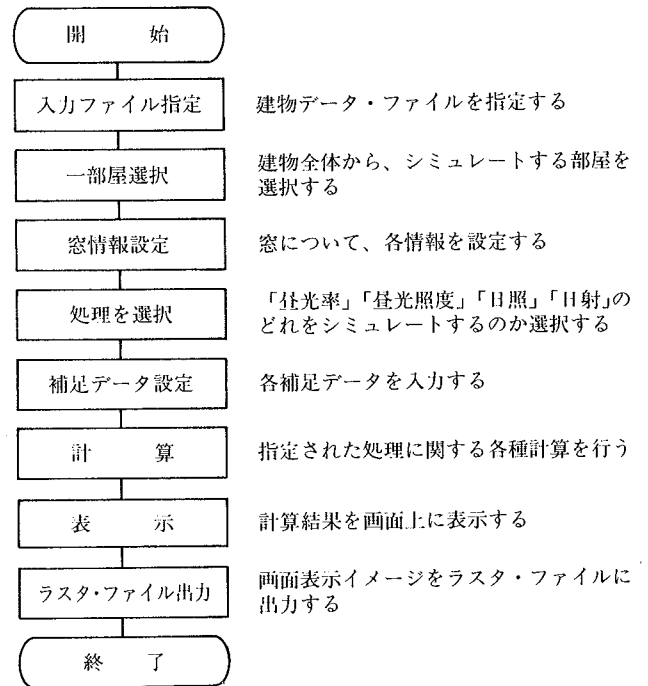


図-4 自然光シミュレーションシステムの操作の流れ

## 4. 解析結果

### 4.1 人工光による照明シミュレーション

建物データに照明器具の配光データや内装材の属性等を加えて TBT でシミュレーションした結果を図-5に示す。

ここでは相互反射を3回までとしたが、相互反射の計算に21時間、レンダリングに150時間を要した。これにより、室内の照明状況とともに柔らかい曲面を持つソファや透明ガラスの机等内部部材がリアルに表示され、室内の雰囲気伝わってくる。

### 4.2 自然光による照明シミュレーション

昼光や自然光照度分布の計算結果を図-6に示す。図-6より、出現頻度が75%の時の全天空照度下において、窓近傍の照度は1,000 lx以上、室中央で500~750 lxとなることが分かる。このように明るさの分布が一目で理解できても、一般のユーザーには、この数値がどの程度のレベルの明るさであるかが分からない。したがって、画面上に昼光照度の基準を室別、行動別に示すことにより、どの部屋に適した明るさなのか、その場所でどのような作業が可能なのか分かるようなスケールを表示した。これにより、図中の室中央では軽い読書等が可能であることが確認できる。

### 4.3 日照・日当たりによるシミュレーション

日照時間、日射面積の計算結果を図-7、8に示す。図-7は各窓面の日照時間を表し、図-8は指定された時刻の日射面積を表したものである。特に後者は、一日を通しての日差しの変化を分かりやすくした。これによって床面や壁面への日当たり状況が確認でき、家具の配置や家族の部屋割等に役立てることが可能である。



図-5 人工光による照明シミュレーション

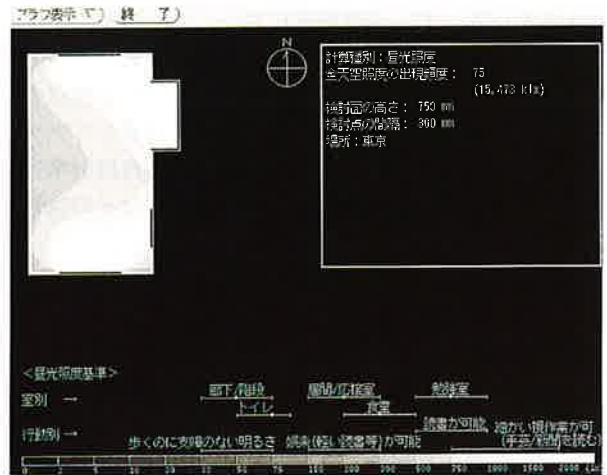


図-6 自然光による照度分布計算結果

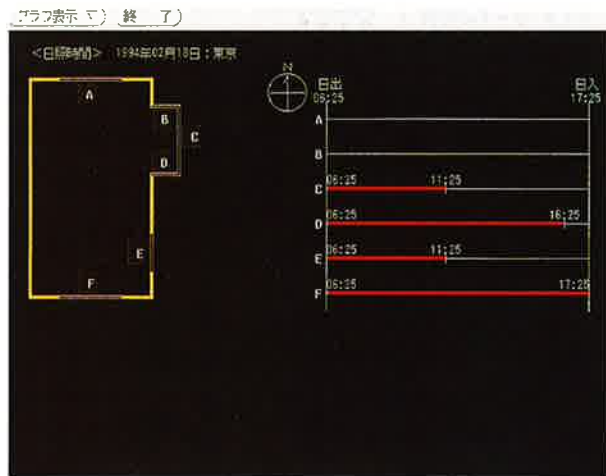


図-7 各窓面の日照時間

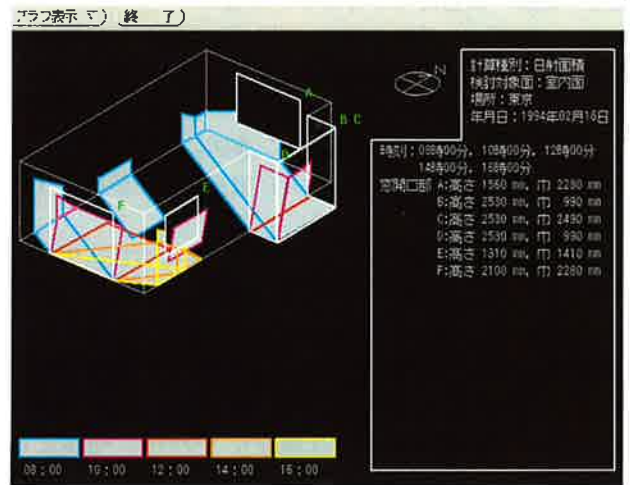


図-8 指定された時刻の日照面積

## 5. おわりに

本報告は、人工光、自然光、日照・日当たりの予測と表示法等を研究開発し、実建物に適用した結果例を示した。今後、これらのシミュレーション値と実測値との比較を行い、シミュレーション精度の検証を行う予定である。

## 謝辞

本研究は通産省生活産業局の「新工業化住宅生産技術・システム開発プロジェクト(21世紀住宅開発プロジェクト・平成元年～平成7年)」による当社への委託研究の一環として実施したものである。このうち当社は光視環境の予測・表示・評価サブシステムの開発を他3社と共同で行っている。当社は光環境を、外部環境は積水ハウス㈱、内部環境は大成建設㈱、表示システムを富士通㈱が担当しており、関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

1) 中村・沖, 他: 自然光による室内照明及び日照・日当たり

に関するシミュレーション手法の基本設計

2) 日本建築学会設計計画パンフレット16, 採光設計, 彰国社, (1963)

3) 小島, 中村: 現代建築環境計画, オーム社, (1989)

4) 中村・沖, 他: マイクロ・コンピュータによる併用照明の検討(第1報～5報), 日本建築学会東海支部研究報告, p. 201～208, (1986)

5) 中村・沖, 他: マイクロ・コンピュータによる併用照明の検討(第3報～4報), 日本建築学会東海支部研究報告, p. 185～192, (1987)

6) 中村・沖, 他: マイクロ・コンピュータによる併用照明の検討 第5報, 日本建築学会東海支部研究報告, (1988) p. 237～240,

7) 山崎, 真鍋: 建物の複雑な形態をもつ庇による影面積の計算(2次元図形の理論と論理積の応用), 第2回ソフトウェアコンファレンス

8) 山崎: 日照環境の基礎計算, 日本建築学会論文報告集, 第288号, p. 139～147, (1980)

9) 山崎, 真鍋: 日影規制と日影計算について, 日本建築学会九州支部研究報告, 第27号, p. 121～124, (1983)