

室内の光・視環境のバーチャルリアリティー型プレゼンテーション技法の開発

渡辺 眞知子 齊藤 満
小宮 英孝 宮川 保之

The Development of VR-type Presentation Techniques for Interior Lighting and Visual Environments

Machiko Watanabe Mitsuru Saito
Hidetaka Komiya Yasuyuki Miyagawa

Abstract

This paper is a synthesis of the lighting and visual environment simulation system development carried out for six years with sponsorship by the ministry of the international trade and industry. The major results obtained from this research are as follows: ① The daylight simulation system is applicable for the prediction of the daylight factor and sunlight incident in interiors for any room shape and window position; ② The artificial lighting simulation system is able to simulate an interior as a photo-realistic picture displayed on a CRT using the predeveloped and marketed computer program TBT (Turbo Beam Tracing), and evaluate the luminous intensity distribution characteristics of luminaires and the texture of an interior surface; ③ The simulation results of a lighting environment using this simulation system was confirmed to fit with the measured results in a model-house; ④ The utilizing technique for applying TBT to predict sunlight simulation was developed to evaluate the condition when obstructions surround the house.

概要

本報告は、6年間にわたり通産省からNEDOへの依頼研究の中で実施してきた光・視環境シミュレーションシステム開発の集大成である。主な成果は次の通りである。① 自然光シミュレーションは、室内の明るさや日当たり状況がシミュレーションできるソフトで、任意の位置・形状に適用出来る。② シミュレーションの精度については、実際のモデル住宅における光環境の実測を行い検証したところ良好な結果が得られた。③ 人工光シミュレーションについては既存の市販照明解析ソフトを適用し、照明器具の配光データや内装材のテクスチャデータ等を取り入れることによりフォトリアリスティックなCGの静止画出力を得られるようになった。④ 人工光シミュレーションソフトを日当たりのシミュレーションに転用できるようにした。

1. はじめに

本研究は、住まい手参加型住空間設計性能シミュレーションシステムの開発を目的として住宅建築のCADデータを取り込みCGシステムを用いて、住宅購入予定者が事前に住宅内の種々の環境を経験できるための表示・評価方法について研究開発を行っている。

当社の分担は、住宅内の光環境（自然光照明、人工照明、日当たり）のシミュレーションシステムの開発である。自然光照明のシミュレーションでは、計画・設計された窓条件において、室内の明るさの分布がどうなるか、またどれほどの視作業の十分耐えられるかを事前に予測できるようにした。人工照明のシミュレーションでは既

に市販されていたソフトTBT (Turbo Beam Tracing)を採用することとし、フォトリアリスティックなCG画像でシミュレーション出力を得られるようにした。また両者の出力は、別のリアルタイム・ウォークスルー表示システムへ統合し、よりリアリティが高いプレゼンテーションができるようになっている。

日当たりのシミュレーションでは、折々の季節において、日射が居室のどこまで差し込むかをシミュレーションできるようになっている。

なお、これらのシミュレーションシステムの精度を検証するため、昨年川崎市に建設されているモデル展示場の住宅において昼光率、人工照明による照度、日当たりの実測を行った。



図-1 キッチン



図-3 和室



図-2 居間



図-4 書斎

2. 照明シミュレーション

2.1 自然光による照明シミュレーション

開発してきたシミュレーションプログラムでは昼光照度と昼光率が計算できるが、その特徴を挙げると次の通りである。① 任意形状(平面で構成された)の部屋に適用できる ② 窓の取り付け場所は自由(天窗も可) ③ 窓の追加・変更・削除が瞬時にできる ④ 昼光率, 昼光照度は部屋の断面方向の分布も表示でき3次元的に明るさを捉らえることができる ⑤ シミュレーション結果の表示は, コンター図で示すとともに, 同表示画面に示した視作業別の基準値と対比できるようにした。

2.2 人工光による照明シミュレーション

人工照明のシミュレーションでは市販の照明解析ソフト TBT に住宅の設計情報および, 照明設備情報を入力して解析を行ってきた。ここでは, フォトリリスティックな CG 画像出力でシミュレーション結果を表示することにした。これによるシミュレーション結果例を図-1~5 に示す。図-1 は生活の香りが感じられるような小物等を設置, 図-2, 4 は窓ガラスへの室内の映りこみ



図-5 寝室

までシミュレーション可能とし, 窓外の状況を写真データとして取り込み同時に見せる工夫を施す。図-3 では室内の雰囲気を損なわないようにテクスチャーマッピングによってタタミを挿入し, 屋外の植栽への光もシミュレーションに含めた。図-5 は寝室の間接光を表現した。

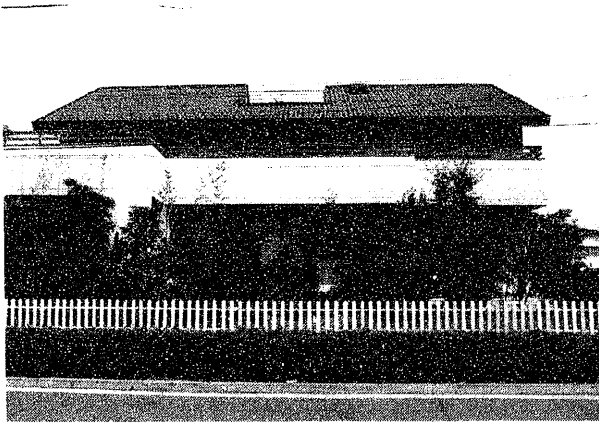


写真-1 対象建物（南面）

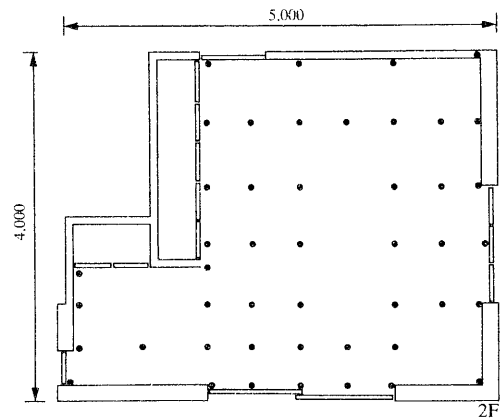


表-1 調査内容

測定項目	測定機器	測定方法
■自然光 室内照度 (昼光率)	照度計	1F LDK, 2F 主寝室の詳細測定 リビング床上40.5 cm, ダイニング グ床上72 cm, 寝室床上43 cm
屋外照度 日当たり	照度計 写真撮影 メジャー	連続記録…屋上平面 日当たり状況を写真に撮る 日照面積はメジャーで測定して図面 に記入
■材料の物性値 ガラス透過率	照度計	窓ガラスの外と内側の垂直面 ステンドグラスの場合、1枚に対 して数カ所測定
内装材 反射率	白色校正板 色彩色差計	同一照明条件下で板と材料の輝度を 測定しその比で反射率を求める 1F LDK, 2F 主寝室の壁, 床, 天井, 家具類等の内装材
内装材 光沢係数	携帯光沢計	1F LDK, 2F 主寝室の内装材

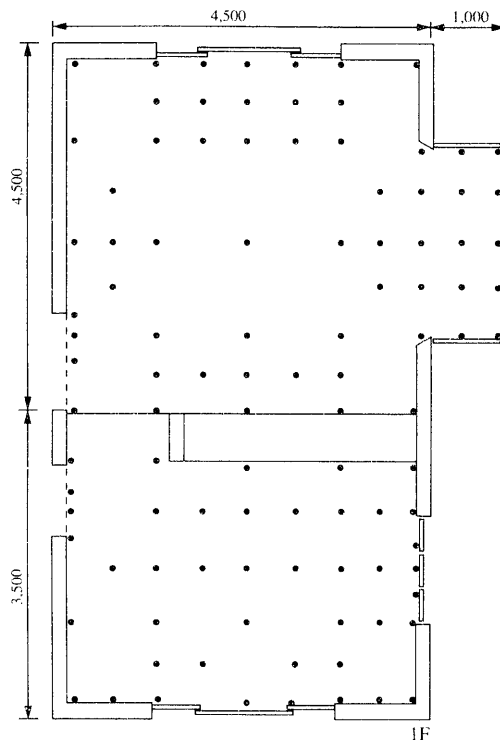


図-6 測定ポイント

3. シミュレーションと実測との比較

自然光照明解析ソフトによる予測値と実際の建物明るさ、日照・日当たりに関する物理量との比較検証を行った。

3.1 モデルハウスにおける実測

3.1.1測定概要 対象建物：神奈川県川崎市に位置するプレハブ住宅展示場の一住宅(写真-1)。今回1階のリビングルーム、ダイニングルームと2階の寝室について測定を行った。

測定日：1994年8/22, 24, 26 12/12

測定ポイントを図-6に示す。

調査内容を表-1に示す。

3.1.2 測定結果

(1) 室内照度 自然光による照度は変更が大きいため、2～3回測定しその平均値より求めた。なお、測定

にあたっては、屋外照度が20秒間隔で連続測定されているため、ストップウォッチで屋外照度の測定時に同期させた。昼光率は上記で示した室内照度を屋外照度（全天空照度）で徐して求めた。各室の夏季と冬季の昼光率の実測値を図-7、8に示す。

これにより、リビングルームの昼光率は夏季、冬季共ほとんど同じ水準であり、ダイニングルームでは、冬季昼光率が一部高い値を示していた。また、寝室は夏季の昼光率の方が全体的に20%程度高い値であった。

ダイニングルームは窓の外に植栽があるが、冬は落葉してしまうため、この影響によるものと考えられる。また、2階の寝室では、夏季のベランダ床面からの反射が大きく、昼光率が冬季より大きくなったものと思われる。

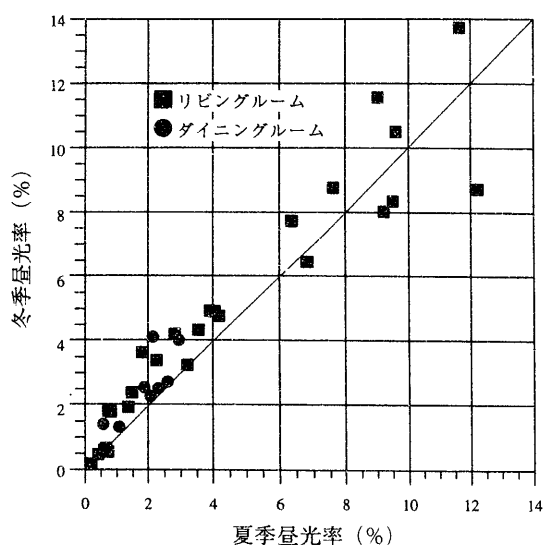


図-7 リビングルーム、ダイニングルームの昼光率実測値

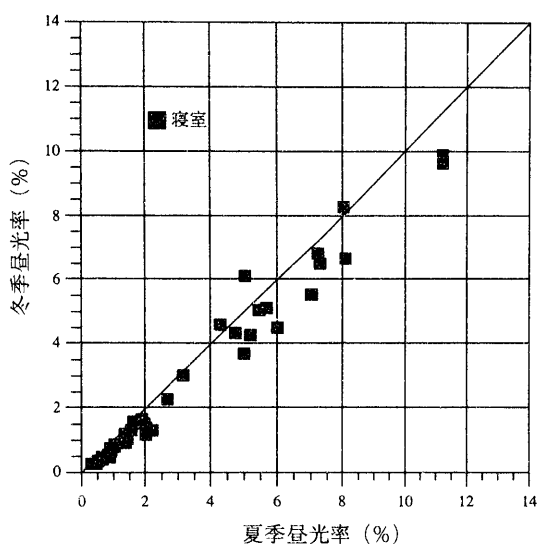


図-8 寝室の昼光率の実測値

夏季、冬季の昼光率の比較では測定点によってばらつきが見られる。大きく異なっている点は周囲の家具や室外の樹木による影響と考えられる。

(2) 日当たり 室内の日当たり状況を図-9、写真-2に示す。図の点線部分には南側建物により生じた陰である。

(3) 室内各部の物性値 この測定はシミュレーションを行う際のガラスの透過率や内装材の反射率を窓際の値で入力するために行ったもので、それぞれの実測値を表-2に示す。なお、ガラスの反射率については計器がないためメーカーのカタログを参考にした。

3.2 自然光のシミュレーション結果

対象住戸の建物形状データと内装材の物性値を入力して測定ポイントごとに昼光率を求めた。なお、計算に当

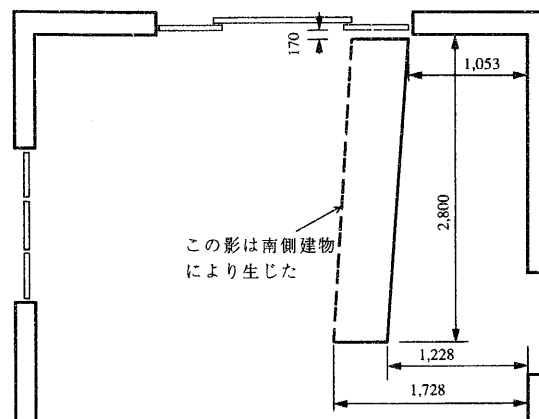


図-9 リビングルームの日当たり (1994年12月14日10時28分)

表-2 内装材の物性値

室名	内装材	屋外側照度 (lx)	屋内側照度 (lx)	透過率	反射率
リビング1F	北側ガラス	3,968	3,002	0.7566	0.73
	東側ガラス	11,140	8,138	0.7311	0.73
	壁				0.72
	床				0.36
	天井				0.72
ダイニング1F	東側スタンドガラス	13,000	5,500	0.4233	0.73
	南側ガラス	7,906	5,636	0.7129	0.73
	壁				0.72
	床				0.15
	天井				0.72
寝室2F	東側ガラス	5,280	11,220	0.7343	0.73
	南側ガラス	11,980	8,916	0.7442	0.73
	西側ガラス	5,602	3,822	0.6822	0.73
	壁				0.65
	床				0.30
	天井				0.69

たっては窓まわりや庇、軒の出の影響を考慮し補正を行った。アウトプット例を図-10に、日当たり状況については図-11に示す。

3.3 シミュレーション値と実測値の比較

3.3.1 昼光率 各室の実測昼光率(年間平均値)とシミュレーション値の比較を図-12, 13に示す。これから以下のことが確認された。

- ① 各室とも窓の直近では実測値とシミュレーション値の差が大きい。
- ② ダイニングルームの東側開口部では場所により違いが見られる。
- ③ ダイニングルーム南側開口部は、シミュレーション値の方が2倍近く大きい。
- ④ 窓近傍以外では1階、2階ともにシミュレーションと実測の値はよく一致している。



写真-2 リビングルーム

h30e90_2f.txt

00	00	00	00	00	00	04	04	05	05	05	06	06	06	07	07	08	08	08	08	09	09	09	09	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	29	30	30	30	30	31	31	31	31	32	32	32	32	33	33	33	33	34	34	34	34	35	35	35	35	36	36	36	36	37	37	37	37	38	38	38	38	39	39	39	39	40	40	40	40	41	41	41	41	42	42	42	42	43	43	43	43	44	44	44	44	45	45	45	45	46	46	46	46	47	47	47	47	48	48	48	48	49	49	49	49	50	50	50	50	51	51	51	51	52	52	52	52	53	53	53	53	54	54	54	54	55	55	55	55	56	56	56	56	57	57	57	57	58	58	58	58	59	59	59	59	60	60	60	60	61	61	61	61	62	62	62	62	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68	68	68	69	69	69	69	70	70	70	70	71	71	71	71	72	72	72	72	73	73	73	73	74	74	74	74	75	75	75	75	76	76	76	76	77	77	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81	82	82	82	82	83	83	83	83	84	84	84	84	85	85	85	85	86	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	93	93	93	93	94	94	94	94	95	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	97	98	98	98	98	99	99	99	99	100	100	100	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

図-10 寝室の数値出力例

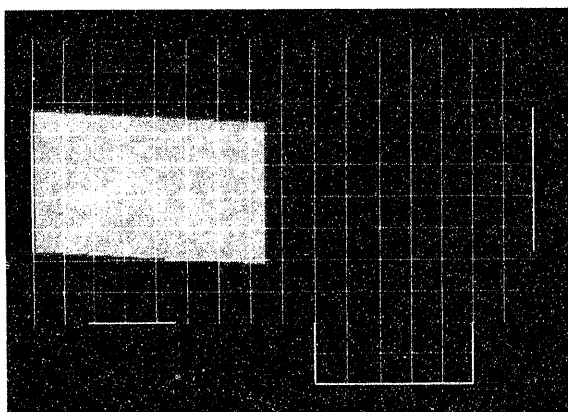


図-11 ダイニングルームの日当たり予測 (1994年12月14日10時28分)

考察：①については、プログラム上障害物平均高度が窓ごとに設定できず、1つの窓面に設定した値に全ての窓が左右されるため、今後改善を計る予定である。

②のダイニングルームでは、東側開口部に照度のバラツキが見られたが、これは窓がステンドグラスになっているため、透過率の違いが現われたものと思われる。南側開口部については窓の障害物平均高度を90度として入力したが、樹木等隣接している場合には実測値との差は大きくなる。これは樹木のボリューム等により透過率が大きく変わるため、これに対応した数値については今後の課題となろう。

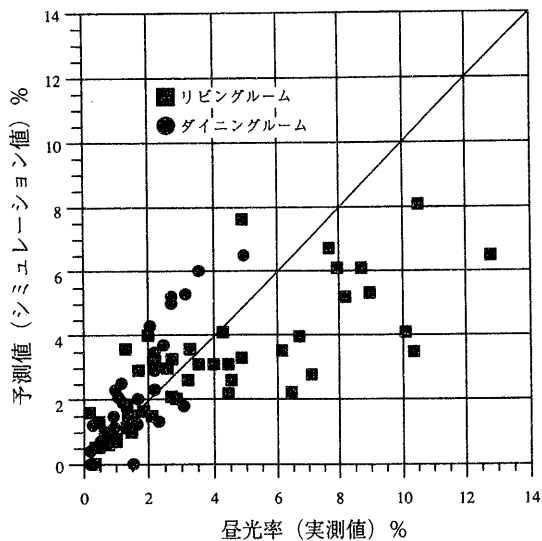


図-12 リビングルーム、ダイニングルームの実測値とシミュレーション値との比較

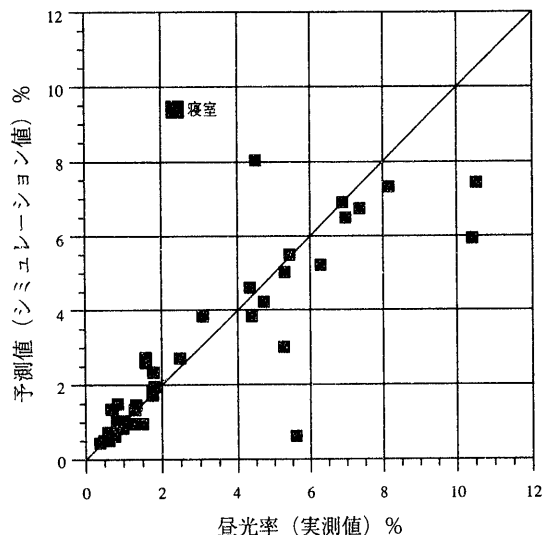


図-13 寝室の実測値とシミュレーション値との比較

これ以外の理由としては、直射日光と測定時の測定者の影響等が大きいのと考えられる。インテリアの光環境を評価する場合は窓、壁から1m離れた部分を主な対象とするため実用上は問題がないといえる。

3.3.2 日当たり ダイニングルームの日当たりを比較したところ、奥行き方向は実測値の方が短い。これはプログラム上、周辺環境まで考慮されないためである。

4. まとめ

今後は当プロジェクトの最終年度である平成7年度にプログラムの一部を修正する等により、より実状にあった結果が得られるようにまとめていく予定である。

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から NEDO への依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) 渡辺, 他: 室内の光, 視環境の予測・表示手法の開発, 大林組技術研究所報, No. 49, p. 95~98, (1994)
- 2) 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, p. 170
- 3) 日本建築学会設計パンフレット16, 採光設計, 彰国社, (1963)
- 4) 小島, 中村: 現代建築環境計画, オーム社, (1989)
- 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1報~2報), 日本建築学会東海支部研究報告, p. 201~208, (1986)
- 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3報~4報), 日本建築学会東海支部研究報告, p. 185~192, (1987)
- 7) 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, p. 237~240, (1988)
- 8) 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次元図形の理論和・理論積の応用), 第2回ソフトウェアコンファレンス
- 9) 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)
- 10) 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)