

## 空間知覚評価メディア（シミュレータ）の開発

—建築群の空間構成計画に関する研究・その5—

正 会 員 松 本 直 司\*  
 正 会 員 久 野 敬 一 郎\*\*  
 正 会 員 谷 口 汎 邦\*\*\*  
 正 会 員 山 下 恭 弘\*\*\*\*  
 正 会 員 瀬 田 恵 之\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

建築空間知覚に関する研究では、写真やビデオ、パース、模型など様々なシミュレーションメディアを利用して空間の知覚評価を行っている。その中で、模型は、空間を自由に変更したりまったく新しい空間を提示することやマスとして空間をとらえることができ、建築分野以外の人にもわかりやすいことなど、新たな空間の雰囲気や推測するためにたいへん有効なものである。模型の他にもモニター写真やコンピュータグラフィックスなどの変更した空間を評価する手段があるが、前者では任意の位置や角度からの空間知覚ができないこと、後者では精度の高い画像のデータ化作業量がたいへん多くそれをリアルタイムで自由な位置や角度から画像を得ることが難しいといった問題があり、あらゆる位置、方向から自由に観察して評価するためには現時点においても模型空間が重要な役割を担っているといえる。

建築の分野では実物大の模型は室内実験などの限られた場合以外は少なく、その手軽さから言っても模型空間は縮尺されることがほとんどである。特に建築外部空間を提示する場合には縮小率が大きくなり、その中で人間の行動を想定して空間を視点の高さから観察する事は難しく、そのためにモデルスコープやファイバースコープなどの光学機器を利用して肉眼では不可能な位置からの観察を行っている。

空間構成に関する前稿（その1）～（その4）までの一連の論文<sup>(1)</sup>では、縮尺模型空間を用いて人間の視点に相当する高さから空間知覚評価実験を行い、光学機器と

して工業用ファイバースコープを用いてきた。その実験装置の性格上、観察者が自ら操作して定点より前方180°内の視野範囲が自由に観察可能であった。前方の評価ということで大変有効であったが、後方を観察することができなかったために方向性のはっきりした対象空間の観察に適していた。しかし、方向性がはっきりしない広場のような空間では前方だけでなく全体を見回す事も必要になってくる。そこで本稿ではまず全体を見回して空間知覚実験を行うことの可能性の検討を行い、次いで空間全体を自由に見回して観察することのできる新しい実験装置を開発しその有用性の検討と性能評価を行っている。

模型を観察する装置では、Appleyard と Craik ら<sup>(1),(2)</sup>によりカルフォルニア大学バークレイ校で開発された装置が代表的なものといえる。その他に Acking ら<sup>(3)</sup>により紹介されている自動車からみた空間をシミュレートする装置もあげられる。これらは人間の眼球に相当する受光部がモデルスコープと呼ばれている模型内視機器で、それに TV カメラを接続して模型空間を撮影するものである。可動式の支持バーによりこれらの撮影システムは支えられているが、TV カメラが大きいためと都市域的空間の撮影も行っているために大がかりである。TV カメラでモデルスコープを介して間接的に映像を撮っているために、光量が不足し模型にかなりの照明が必要である。また、受光部が大がかりなために人間が頭を動かして上を見るような操作がたいへん難しくなる。

日本でもこの種の方法で岩田 司<sup>(4)</sup>や麻生 恵<sup>(5)</sup>が模型空間の内視装置を開発している。コンピュータ制御を行っていないが上記のものとは規模や駆動方式は異なるものの受光部はほぼ同様の方式であり、造園学の分野では研究への応用が始まっている。

建築空間においては移動しながら連続的に空間を観察することはたいへん重要であるが、一方では人間の日常

本論文は、参考文献(11)を発展させて内容を充実させ加筆再編したものである。

\* 名古屋工業大学 助教授・工博

\*\* 東建築設計事務所・工修

\*\*\* 東京工業大学 教授・工博

\*\*\*\* 信州大学 教授・工博

\*\*\*\*\* 飛島建設(株)・工修

(1988年10月10日原稿受理, 1989年6月28日採用決定)

行動の中で立ち止まって左右を見たり上下を見たりすることも頻繁に行われる動作であり、特に建築が高層であったり閉鎖的な空間においては重要であると考えられる。

本研究では方向性の少ない広場のような空間構成の知覚評価実験も行うことを前提として、移動しながら連続的に対象空間を観察でき、かつ定点において自由に上下、左右方向を観察することができる知覚評価メディア（シミュレータ）の開発を行っている。すなわち、超小型TVカメラが日本で開発されたのを契機にTVカメラで直接模型を自由な方向から、特に仰角方向も含めて観察でき、高解像度で比較的手軽な実験装置を開発して空間研究の可能性をより発展させることを目的としている。

2. VTR 映像による空間評価実験の有効性

本研究で開発するシミュレータは対象空間をVTR映像で間接的に観察するものであり、シミュレータ開発の前に知覚評価実験を進める上でVTR映像を用いた空間知覚評価実験の可能性についての検討を行う。すなわち、対象空間を見回したり上を見上げたVTR映像の場合についてどのくらい現実の空間での知覚評価と一致するかを検討した。

2-1 超小型TVカメラによるモニター映像

超小型TVカメラは無限遠に焦点を合わせた時に上下約35°左右約45°の画角で、標準被写体照度200Lux以上、撮影可能距離20mm〜∞である<sup>注2)</sup>。したがって平常の室内の明るさで撮影可能であり、模型空間で必要とされる接写も可能である。30cm前方<sup>注3)</sup>に焦点を合わせたときのモニター上の映像は、10回の測定実験の結果上下約34.4°、左右約45.1°の画角となっており、無限遠での視野範囲とほとんど相違はなかった。焦点調整距離による視野範囲の縮小は少ないものといえる。

2-2 空間評価実験

(1) 実験方法：現地実験では前方方向を見た場合と見回す場合について、VTR実験では図-1に示す①から⑤の方法で撮影したモニター映像を用いてS.D.法による評価実験を行った。現地実験およびVTR実験では12名からなる全く別の2組の被験者群にそれぞれ観察させた。

(2) 被験者：被験者は2組とも建築工学科の学生で合計2組×12名=24名である。

(3) 評価尺度：既往研究<sup>注4)</sup>で選定されている47形容詞対評価尺度である。

(4) 評価対象：長野市内の計画住宅地4区域を選定し、その中でなるべく変化に富むような地点を12選定した。建物種別は木造簡易平屋、2階建て耐火3階、4階建ての公営住宅である。

(5) 実験日：昭和62年9月8日〜同10月2日である。

2-3 評価結果による提示方式の比較分析

現地およびVTR実験結果の比較分析のために各提示方式別に評価結果をもとに形容詞対を変数として因子分析（主因子解法）<sup>注5)</sup>を行い意味構造を求めた。さらに、現地実験とTV実験の各対応提示方法ごとに各形容詞

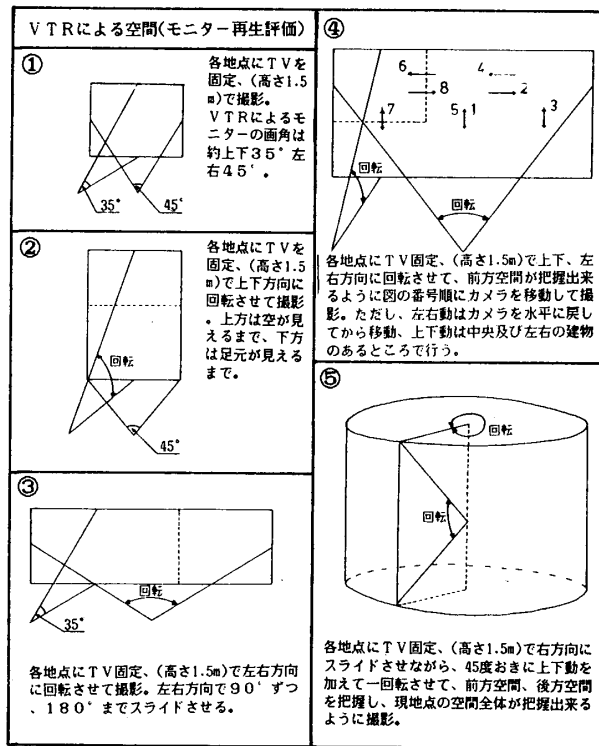


図-1 VTR 映像による空間提示方式

表-1 現地（見回す場合）の評価結果と提示方式5の結果の比較

評価尺度	FACTOR				有意地点数 (総地点数n=12)
	F1 評価性	F2 一様性	F3 活動性	F4 明瞭性	
① 美しい	0.80	0.18	0.29	-0.32	2
② 好き	0.78	0.09	0.27	-0.31	3
③ 開放的	0.77	0.14	0.16	-0.05	1
④ 開放的	0.76	0.06	0.16	-0.10	2
⑤ 開放的	0.74	0.25	0.23	-0.28	2
⑥ 開放的	0.71	0.48	-0.03	-0.15	0
⑦ 開放的	0.71	0.09	0.50	-0.23	4
⑧ 開放的	0.71	0.24	0.31	-0.16	2
⑨ 開放的	0.71	0.23	0.26	-0.40	1
⑩ 開放的	0.70	0.40	0.06	-0.17	2
⑪ 開放的	0.70	-0.00	0.13	-0.01	2
⑫ 開放的	0.67	-0.05	0.11	-0.13	3
⑬ 開放的	0.67	0.16	0.17	-0.08	0
⑭ 開放的	0.65	0.10	0.58	-0.19	1
⑮ 開放的	0.64	0.01	0.46	-0.38	0
⑯ 開放的	0.62	0.27	0.31	-0.06	0
⑰ 開放的	0.61	0.50	-0.01	-0.09	0
⑱ 開放的	0.57	0.24	0.52	-0.22	4
⑲ 開放的	-0.54	-0.23	-0.18	-0.29	0
⑳ 開放的	-0.54	-0.23	-0.20	-0.01	4
㉑ 開放的	0.50	-0.09	0.29	-0.40	4
㉒ 開放的	0.41	0.06	0.22	-0.28	1
㉓ 開放的	0.06	0.83	0.03	-0.06	2
㉔ 開放的	0.19	0.80	0.04	0.08	1
㉕ 開放的	0.06	0.75	0.02	0.21	1
㉖ 開放的	-0.04	0.72	-0.28	0.11	1
㉗ 開放的	0.26	0.70	0.17	-0.31	1
㉘ 開放的	0.26	0.70	0.01	-0.17	1
㉙ 開放的	0.23	0.70	0.26	-0.13	1
㉚ 開放的	0.04	-0.53	0.38	-0.04	2
㉛ 開放的	0.35	0.45	0.30	-0.27	4
㉜ 開放的	0.12	0.03	0.86	-0.06	1
㉝ 開放的	0.24	0.05	0.81	-0.13	0
㉞ 開放的	0.13	-0.11	0.80	-0.19	0
㉟ 開放的	0.31	-0.07	0.75	-0.12	1
㊱ 開放的	0.29	-0.03	0.62	-0.39	0
㊲ 開放的	0.29	-0.11	0.56	-0.18	0
㊳ 開放的	0.43	0.22	0.54	0.08	0
㊴ 開放的	0.22	-0.07	0.27	-0.64	0
㊵ 開放的	-0.40	-0.09	0.00	0.63	0
㊶ 開放的	-0.19	-0.06	-0.17	0.62	0
㊷ 開放的	0.05	0.08	0.39	-0.46	1
㊸ 開放的	0.42	0.45	0.11	-0.20	0
㊹ 開放的	0.42	0.05	0.14	-0.01	0
㊺ 開放的	0.30	0.29	0.14	-0.22	0
㊻ 開放的	0.29	0.05	-0.02	-0.13	1
寄与	11.96	5.98	6.24	3.48	

対評価結果の平均値の差を有意水準 5% と 1% で検定した。

表一は、現地で見回した場合の因子分析結果および現地実験と VTR 実験提示方式⑤の評価結果の評価尺度ごとの平均値の差を T 検定した結果の有意地点数を示している。これより“多様な—様な”, “新しい—古い”, “ごてごてした—すっきりした”, “充実した—貧弱な”などの一部の尺度に有意差が多く見られることがわかる。これらについて差の方向を検討すると, VTR 映像の方が多様な, 新しい, ごてごてした, 充実した方向に評価される傾向がみられる。この原因として他の回転の少ない提示方式の場合と比較すると回転が大きくなるに従い, 場面の変化が大きくなり多様な, ごてごてした, 充実した印象を与えることがわかる。新しいは, 画像が鮮明であることにもよるが, 画面が静止状態から回転することにより強調されることがわかる。“解放感ある—圧迫感ある”, “開放的—閉鎖的”などの受動的力量性語群の尺度には有意差は少なく全体的にも結果の相違は少ないことがわかる。

また, 各提示方式別に因子分析を行いその意味構造を比較すると, 視野の広がりに対して評価性, 活動性, 受動的力量性, 一様性, 明瞭性の因子について寄与の大きさの相違はあるがどの提示方式についても軸が形成され, 基本的な意味構造において大きな差異は認められない。見回す場合においては評価性が現地実験で受動的力量性語群を含み VTR では明瞭性の語群を含むようになっているが意味構造の基本的な相違は少ない(図一2)。

表一2は, 各対応提示方式別の検定結果の全体総数に対する有意差の発生率を示している。前方方向では有意差の発生率が③と②が高く必ずしも視野が広くなると減少するわけではなく, ①と④のように提示範囲の縦横の比率も重要な役割を果たしているといえる。また, 見回す場合については有意差が少なくなっており評価結果の標準偏差も他の場合と比較して必ずしも大きくないことから判断して十分に TV カメラで周りを見回す実験が可能であるといえる。

### 3. シミュレータの構成

#### 3-1 全体構成

シミュレータは全体を支え動かす躯体・動力部, 動力部に電気を送り出す制御部, 映像とそれを記録する映像部, および提示対象となる模型部により構成されている。(写真一1, 図一3)

#### 3-2 躯体・動力部

縮尺模型空間を上部より TV カメラをおろして観察するために, 躯体フレームは L 字鋼で直方体に組み, 長辺フレーム上に 2 本ずつ軸を通し, ポールベヤリングを介してフレームをまたぐかたちで左右移動用のバーを取りつけた。このバーは 2 本の軸よりなり前後方向移動用

視野の広がり	現地実験 前方方向	評価性 8.8	活動性 6.0	受動的力量性 5.8	一様性 5.2	明瞭性 4.2		
	VTR 実験 提示方式①	評価性 7.3	活動性 5.3	受動的力量性 4.6	一様性 3.5	明瞭性 3.4	日常性 1.6	能動的力量性 1.6
	VTR 実験 提示方式②	受動的力量性 6.3	評価性 5.5	活動性 4.4	一様性 4.0	安定性 2.6	明瞭性 2.1	スケール感 1.6
	VTR 実験 提示方式③	評価性 8.4	活動性 5.1	受動的力量性 4.6	一様性 3.6	明瞭性 3.1	能動的力量性 2.6	
	VTR 実験 提示方式④	評価性 8.1	活動性 5.2	受動的力量性 4.9	一様性 3.4	明瞭性 2.9	能動的力量性 2.4	
見回す場合	現地実験 見回す	評価性 12.0	活動性 6.2	受動的力量性 6.0	一様性 3.8			
	VTR 実験 提示方式⑤	評価性 10.0	活動性 4.8	受動的力量性 4.2	能動的力量性 4.0	活動性 3.1	日常性 1.9	

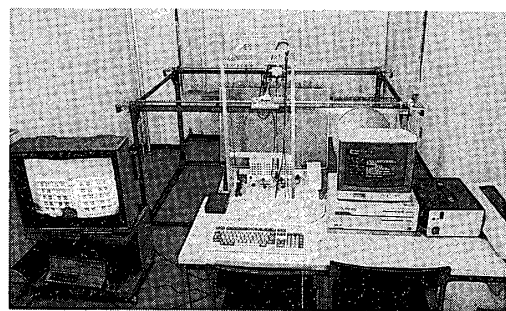
数値は寄与を表す

図一2 提示方式別の意味構造の比較

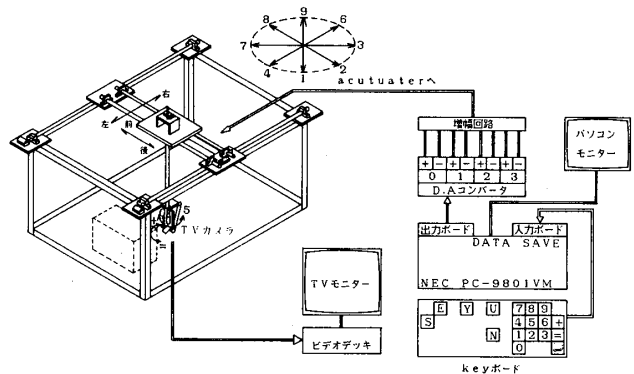
表一2 提示方式別有意差の発生率

有意水準	① 現地実験 前方方向 VTR 実験 提示方式 1*	② 現地実験 前方方向 VTR 実験 提示方式 2*	③ 現地実験 前方方向 VTR 実験 提示方式 3*	④ 現地実験 前方方向 VTR 実験 提示方式 4*	⑤ 現地実験 前方方向 VTR 実験 提示方式 5*
(5%)	$\frac{88}{564} \times 100 = 15.6\%$	$\frac{88}{564} \times 100 = 15.6\%$	$\frac{92}{564} \times 100 = 16.3\%$	$\frac{77}{564} \times 100 = 14.9\%$	$\frac{62}{564} \times 100 = 11.0\%$
(1%)	$\frac{47}{564} \times 100 = 8.3\%$	$\frac{49}{564} \times 100 = 8.7\%$	$\frac{56}{564} \times 100 = 9.9\%$	$\frac{38}{564} \times 100 = 7.4\%$	$\frac{27}{564} \times 100 = 4.8\%$

視野の広がり



写真一1 シミュレータの全景



図一3 シミュレータ総合システム図

の台車をボールベヤリングで取りつけた。これにより台車を摩擦力少なく自由な方向に水平移動させることができる。台車から水平回転軸を下部に伸ばし, その先に垂直(仰俯方向)回転をする回転体を取りつけ, さらに超小型 TV カメラをこの垂直回転体に取りつけた。この機構により TV カメラの垂直, 水平の回転と水平移動を自由にした。

これら 4 自由度に対して, 左右方向は 2 本の軸の端に取りつけた 2 個のモータによって, 前後方向は左右移動

バー上に取りつけた1個のモータによってそれぞれワイヤを介して駆動する。水平の回転は、台車上のモータの回転が軸に伝えられジュラルミンの筒を通して下部の回転体を駆動する。垂直回転は回転体が軸の下部に直接TVカメラを取りつけているため画像のゆれが予想されるので、振動の少ない小型コアレスモータにより行う。回転体は一定の角度範囲内を回転するように2個の補助スイッチを取りつけ回転角に応じて自動的にモータのON, OFFを行う。

3-3 制御部<sup>(注6)</sup>

(1) パソコン制御系

制御部はパソコン、D/Aコンバータボード、直流アンプ、各駆動モータによって構成されている。パソコンキーボード上の特定なキーを押すと、D/Aコンバータボードのチャンネルに電圧が出力されるようになっている。チャンネル数は4で、あらかじめプログラム中で指定しているそれぞれ独立の電圧が出力される。この出力電圧を直流アンプにより増幅しモータを駆動する。モータの正転または逆転は電圧の正負で決定される。同時に4つの電圧出力がなされるために4動作を独立して同時に行うことが可能である。

(2) ソフト系

駆動制御のためのプログラムはBASIC言語を用いており、臨場感のあるキーイン状態で動かす方法と、出力電圧が確実に指定できるため、安定した動きが得られるキーインして次の信号が送られるまで動作を連続させる方法の2通りを作成した。現在、前後、左右、斜めの8方向への水平移動と水平、垂直回転が可能である。水平移動についてはプログラムを操作して前後、左右の出力電圧比を連続的に変化させることにより自由な方向への移動も可能である。

平面移動の2チャンネルのみ同時に出力が可能であるが、回転については水平、垂直とも動作を複雑化させな

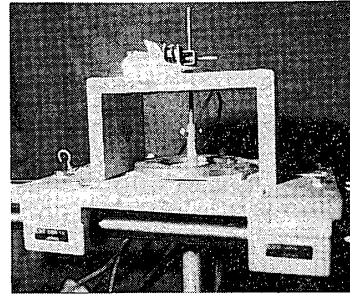


写真-2 上部台車

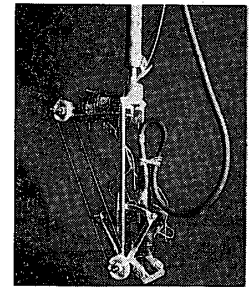


写真-3 受光部

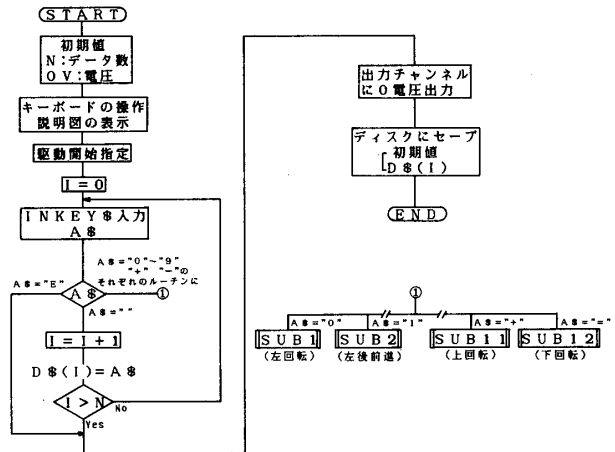


図-4 駆動ソフトのフローチャート

いために他の2チャンネルは同時には駆動しないようにプログラミングした。

1) 駆動ソフト

本研究では、コンピュータを用いた自在の速度制御で動かせるようにした(図-4)。

駆動指令は水平回転と左右、前後、斜めがキーボード上の数字キーで垂直回転を{|+|, |=|}で行う。押されたキーはデータとして約0.1秒単位で記録されシミュレータの動きを再現したり、逆行するためのデータとして使用されるとともに動作分析もなされる。移動速度の変更

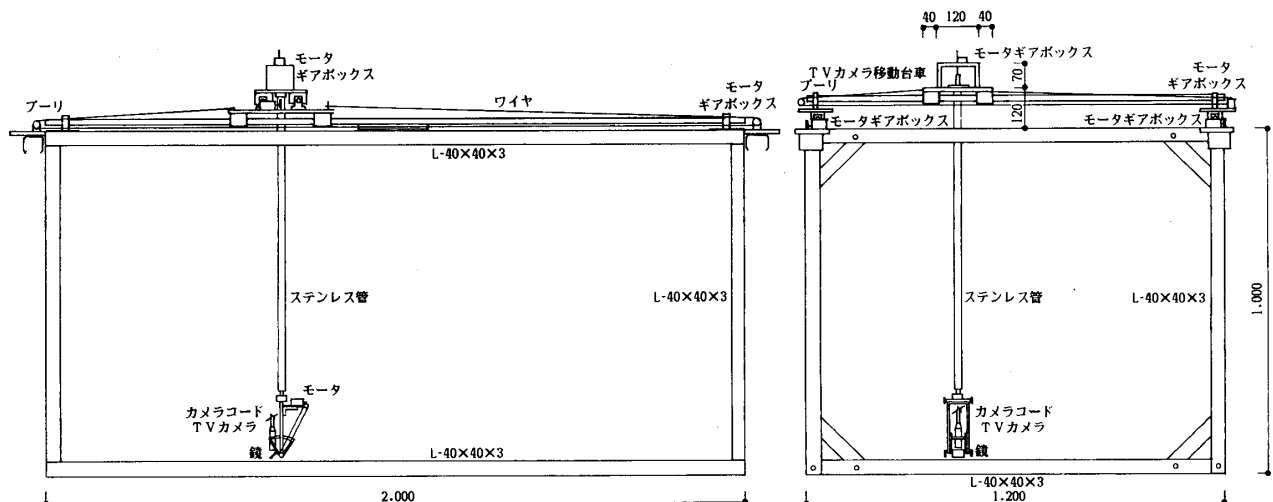


図-5 シミュレータの正面図と側面図(躯体・駆動部)

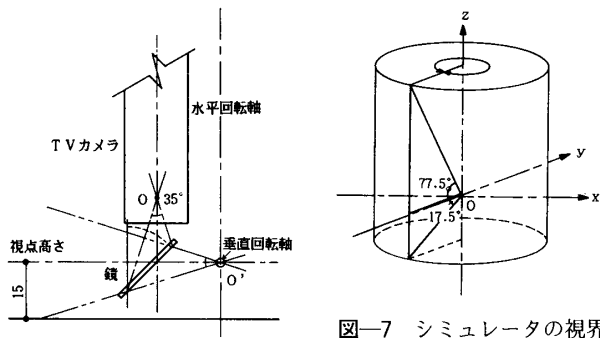


図-6 受光部の視点位置

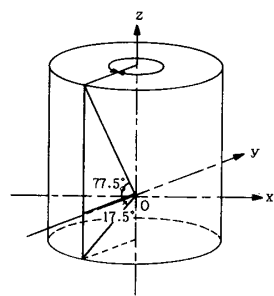


図-7 シミュレータの視界

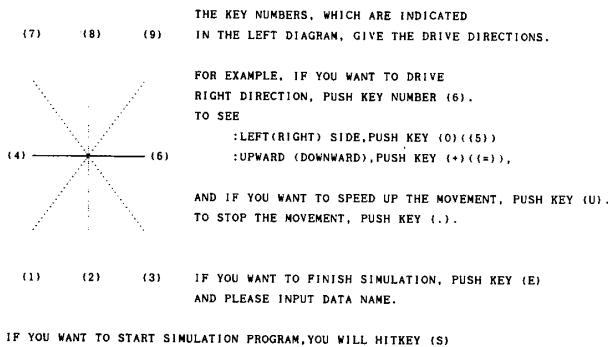


図-8 駆動ソフトの操作画面

はプログラム中の電圧指定を変更することにより可能である。指定できる電圧は-5V~+5Vの範囲である。さらに、プログラムの中で速度が2段階設定され、キーボードによる移動指令の後に[U]キーを押すことにより速度変更が可能である。通常は目的の場所に速やかに移動す

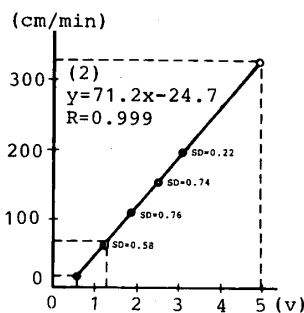


図-9 後方向移動  
(電圧×速度)

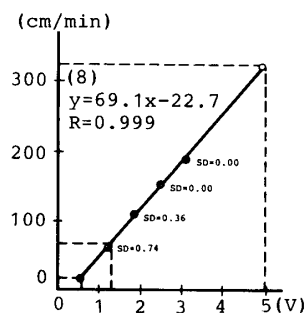


図-10 前方向移動  
(電圧×速度)

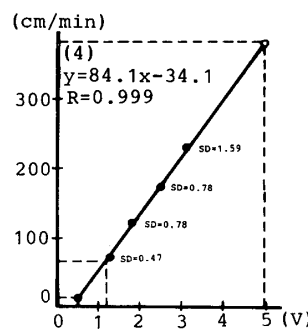


図-11 左方向移動  
(電圧×速度)

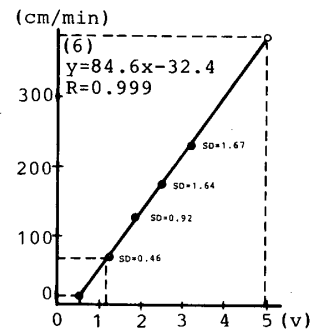


図-12 右方向移動  
(電圧×速度)

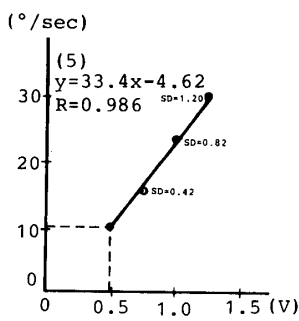


図-13 左水平回転  
(電圧×速度)

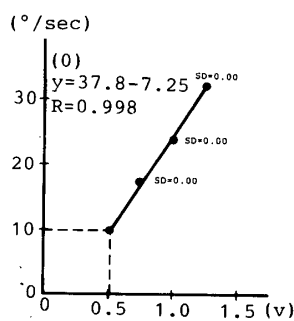


図-14 右水平回転  
(電圧×速度)

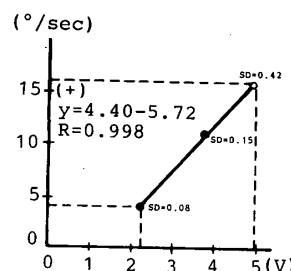


図-15 仰垂直回転  
(電圧×速度)

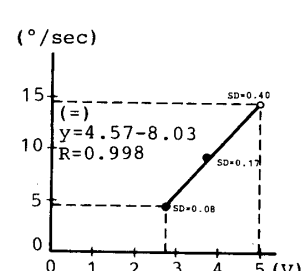


図-16 俯垂直回転  
(電圧×速度)

表-3 動作内容別のデータ1個当たりの時間

(180秒移動した場合)												
	{0}	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{+}	{=}
作動動作	9.68	9.62	9.67	9.63	9.75	9.68	9.76	9.64	9.76	9.63	9.68	9.76
逆行動作	9.74	9.66	9.69	9.67	9.77	9.68	9.71	9.65	9.76	9.62	9.81	9.69
再生動作	9.69	9.65	9.74	9.66	9.71	9.74	9.72	9.67	9.84	9.67	9.68	9.81

単位: 1/100秒

るために用いるので移動速度を上げるように電圧設定している。

## 2) 逆行・再生ソフト

駆動ソフトでディスク上に記録された操作データ、すなわち指定電圧と動作データを読み込んで、駆動ソフトと逆のルーチンをたどると装置は逆の動きをして、駆動させた受光部を移動前の位置状況にもどすことができる。また、データを読み込んで駆動ソフトと同じルーチンをたどると装置は動きを再生して、ほぼ同様の動きを行う。このソフトにより駆動動作のチェックを行うことができる。

## 3-4 映像部

超小型TVカメラ、27インチカラーモニター、ビデオデッキで構成されている。実験装置に用いた超小型TVカメラはヘッドが長さ57.4mm、直径17.5mmの大きさで、コードによりカメラ制御器、ビデオデッキへと連結されている。画像記録がカセットテープ上に記録され、再生・編集はビデオシステムで可能である。模型空間内に入り映像をとらえる受光部は、視点高さを下げるためと垂直回転を可能にするためにカメラヘッドの先に鏡<sup>(注7)</sup>を取りつけた。水平、垂直の回転軸がちょうど視点すなわち人間の眼球の水晶体の中心となって回転動

作中に視点が上下左右前後に移動しないように設計した(図-6)。

### 3-5 模型部

観察対象となる模型空間は装置の中に置ける大きさ、すなわち実験装置のフレーム内に入る高さく約90 cm、幅く112 cm、長さく192 cmの範囲の大きさならば原則的に問題はない。縮尺模型内で人間の視点位置からの観察が必要とされる場合には、受光部の可能最低高さ(15 mm)の関係で縮尺1/100以上のスケールが望ましく、通路部分は傾斜や段差がない平面である必要がある。

## 4. シミュレータの性能

### 4-1 観察視野範囲

受光部を動かさない場合は観察できるのはモニター上の静止画像の視野であるが、周囲を見回わして評価実験を行うために水平方向に左右それぞれ360°以上回転し全視野を観察可能にした。垂直方向回転は上方が十分に観察できるように仰角77.5°(建物までの距離/建物高さ>1/4.5)まで見上げることが可能にし、俯角は水平方向をカメラが向いている状態に設定してあり、垂直画面角35°の半分である17.5°の範囲まで観察が可能<sup>(註9)</sup>にした。(図-7)

駆動可能範囲は、躯体フレーム内の前後95.5 cm、左右159.5 cmの範囲である。

### 4-2 連続操作時間とデータ記録時間

操作時間の制限は基本的にはないが、動作をパソコン内部に文字データとして記録する場合には、パソコンの内部容量をオーバーしない限度内の操作時間となる。作動操作データは各操作ごとに動作の逆行・再生が確実に

なされるように0.1秒弱の単位で文字データとしてプログラム中の配列に記録するようにした(表-3)。操作をなしの状況でヌルとして記録する場合には約28分強の操作時間となる<sup>(註9)</sup>。操作内容が違う場合には動作により記録時間が微妙に異なるためにそれぞれ多少の連続操作時間の差を生じる。

### 4-3 駆動性能

受光部の平面的動きは前後、左右2方向の自由度を持ち、この2つの動きを同時に指令することにより斜め方向への移動がなされる。他に水平方向と垂直方向への回転が可能である。駆動プログラムを作動させるとコンピュータのモニター画面に駆動方法が図示され、その指示どおりのキーボード操作により瞬時に移動開始、停止がなされ、見たい方向を向く操作、行きたい場所に行く操作がなされる(図-8)。したがって一般の人が極めて簡単に操作法を理解でき、このシミュレータを使って自由に模型空間を観察することが可能である。

#### (1) 前後方向移動

指定電圧と移動速度の関係を示したのが図-9、図-10である。電圧と速度に線型性があることがわかる。駆動速度は縮尺1/100の模型空間を想定した場合、歩行速度を67 m/分<sup>(註10)</sup>とするとプログラム上の指定電圧を前方向に1.30 V、後方向に1.29 Vとして指定するとよいことがわかる。最大速度として約320 cm/分、最低速度として約19 cm/分が可能であり縮尺1/100の模型空間ではほぼ自転車の運転速度を設定することが可能である。

なお、同電圧では前と後の方向で速度が異なるのは、モータの駆動力がワイヤを通して直接伝達される場合

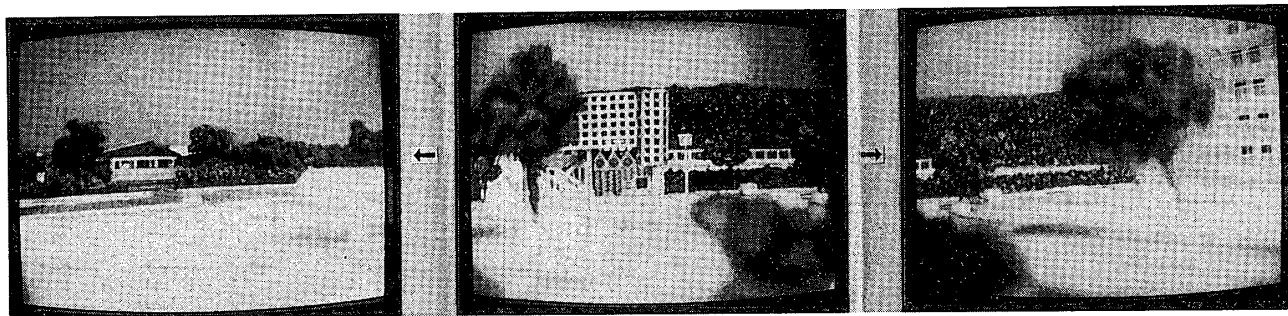


写真-4 水平回転した時のモニター画像の変化

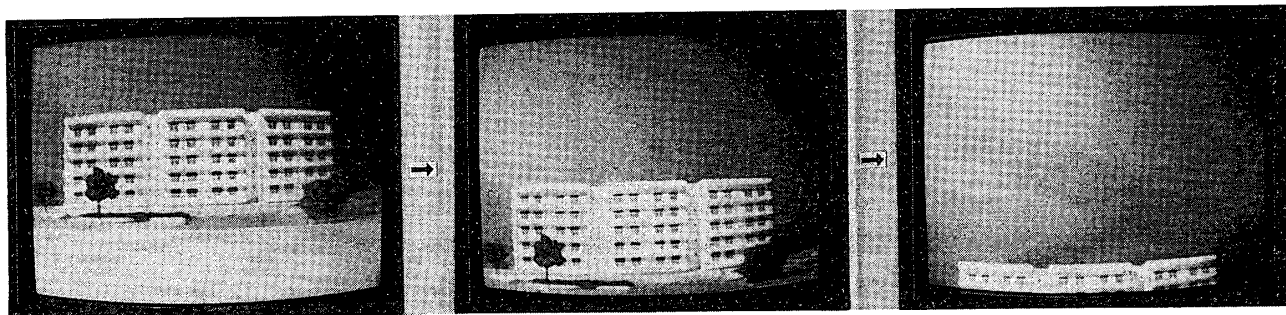


写真-5 垂直回転した時のモニター画像の変化

(後方向)とブリーを經由して伝達される場合の相違と考えられる。

## (2) 左右方向移動

図-11, 図-12 により最大速度として約 360 cm/分, 最低速度として約 13 cm/分が可能であり自転車の運転速度を設定することが可能である。駆動速度は縮尺 1/100 の模型空間を想定した場合, 歩行速度を 67 m/分とするとプログラム上の指定電圧を左方向に 1.20 V, 右方向に 1.17V とするとよいことがわかる。

## (3) 斜め方向移動

斜めの方向に関しては前後方向と左右方向の 2 つのチャンネルに同時に電圧を出力することにより運動が可能になる。電圧指定を変化させることにより移動方向の調整も可能である。電圧と速度の線型性から 45° 方向の電圧は左右, 前後のそれぞれの方向に  $1/\sqrt{2}$  を乗じた電圧を指定することにより同速度を得ることができる。

駆動速度の範囲は前後・左右方向の最低・最高速度をそれぞれ対応させて電圧指定することにより約 23 cm/分, 約 482 cm/分となる。

## (4) 水平(左右)回転

図-13, 図-14 は左右方向の回転についての電圧と角速度の関係を示している。最高角速度はかなり高速で回転することができるが, 最低角速度はゆっくりで左回転で約 10.5°/秒, 右回転で約 10.0°/秒である。回転速度の幅が大きいため人間の行動に十分対応できるといえる。可能回転角の範囲に制限はないが TV カメラのコードのねじれ等を考慮すると 360° 内の回転にとどめることが望ましい。

## (5) 垂直(仰俯)方向

図-15, 図-16 は垂直方向の回転についての電圧と角速度の関係を示している。上を向く場合では最高角速度約 16°/秒, 最低角速度約 4°/秒である。下を向く場合では最高角速度約 15°/秒, 最低角速度約 5°/秒である。下を向く場合は回転体の自重が回転時にかかるためにやや速度が落ちている。上下の駆動電圧を調整することにより同じ角速度が得られるとともに, 逆行プログラムの逆行精度を高めることができる。

### 4-4 逆行・再生性能

図-17 は, 各動作についてデータ数が 300 の場合の逆行・再生プログラムの作動時間と移動距離の実験結果を示したものである。作動時間についてはプログラムを調整した結果, 逆行・再生ともほぼ一致しており, 最大ズレで 1% ほどであることがわかる。この間, 電圧は指定された値で出力されることになるため, 移動距離についても平均ではほとんどズレはない。移動距離が時間誤差よりやや大きな値を示しているのは移動時の摩擦が操作時の状況によりわずかに違うこと, 外部入力電圧が必ずしも一定でないために駆動モータへ達する電圧が変

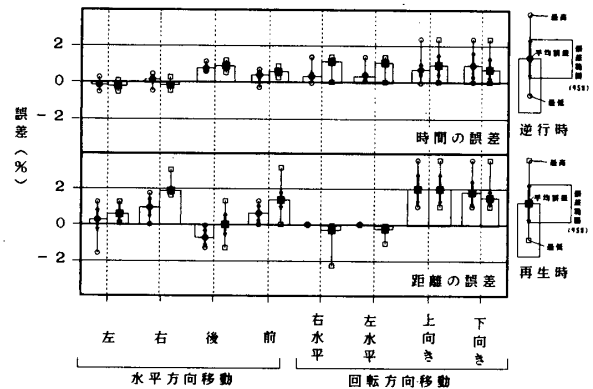


図-17 逆行再生性能

化することなどが原因としてあげられる。

## 5. シミュレータの特質

従来 of TV 映像を用いたシミュレータはハンディタイプ of TV カメラにモデルスコープを接続したものがほとんどである。したがってカメラを駆動させる機構が大がかりになり, 上を向くような動作には不向きであった。本研究のシミュレータは, 超小型 TV カメラを用いることにより装置の小規模化がなされ, かつ完全にコンピュータ制御を行うことにより, 他に類例のない次に示す特質を備えている。

- (1) 前後・左右移動, 水平・垂直回転の 4 自由度を持たせ空間のほぼ全体を自由に観察できる。
- (2) 操作が簡易で被験者が自由に操作できる。
- (3) 模型空間と観察する被験者とを隔離できる。
- (4) 動作をデータとして記録できる。
- (5) 室内の通常の照明で解像度の高い明るい映像が得られる。
- (6) 観察場面の再現はもとより行動の再現が可能である。
- (7) 空間をシーケンシャルに観察できる。
- (8) ある動作を数値で設計することによりその想定動作と実際の見え方との相違を確認ができる。
- (9) 模型空間を自由に变化して提示できる。

## 6. 結び

1) 見回す方式 (図-1 の⑤の提示方式) による VTR 画像が, 実際の空間を見回した場合の空間提示方式として前方方向の VTR 提示方式と同様に有効である。

2) 超小型 TV カメラを用いることにより模型をアイレベルから観察可能で, かつ前後・左右移動, 垂直・水平回転の 4 自由度を持ち, 自在のスピード制御およびその動きをデータ化して再現できる他に類のない空間知覚に有効なシミュレータを開発した。

3) 被験者が簡易かつ自由にキー操作することができ, 瞬時動作反応がなされるために自分の行きたい位置に行き, 見たい方向を見ることができる。したがって極

めて実験等に有効な装置といえる。

4) シミュレータ性能評価の結果、逆行や再生移動について知覚評価実験を行うための十分な性能が得られているが、さらに正確さを必要とする場合には、駆動モータに信号数で回転角がきまるステッピングモータ等を使用することにより十分可能である。

既に、前稿(その1)<sup>7)</sup>において縮尺模型(S=1/100)を工業用ファイバースコープ(以下F.S.と略す)で観察した場合について実際の空間でのS.D.法評価結果との比較およびF.S.像の知覚の恒常性についての検討を行っている。その結果F.S.視による縮尺模型空間評価実験が十分有効であることを確認している。

本研究で開発したシミュレータはF.S.をTVカメラに替えることにより観察画面を拡大しより鮮明な像を得ることができ、かつ通常の室内照明のもとでも明るい映像が得られるようになること、装置の操作性が優れていること等により十分縮尺模型評価実験に有効であることが期待される。

このシミュレータを用いた評価実験の有効性すなわち現地実験での評価との比較や知覚の恒常性についての検討は(その6)で行う予定である。

#### 謝 辞

研究の装置の制作において信州大学工学部精密工学科助教授の八重島公郎博士、堤 信一技官に協力を頂いている。お礼を申し上げます。性能評価実験および図表作成において信州大学学部生の久保田勝明氏、堀田雄治氏に協力を頂いている。謝意を表します。

#### 注

- 1) 参考文献7)~10)
- 2) 当該機器の仕様書による。
- 3) 縮尺1/100模型では30m前方に相当する。
- 4) 参考文献7)
- 5) 47形容詞対7段階評価結果を変数、12場面×12名=144をサンプル数として主因子解法による因子分析を行った。
- 6) 制御ソフトに関する詳細は、情報・システム・利用・技術シンポジウムで発表を予定している。
- 7) 鏡を用いているために映像は左右が逆転している。この解決法として1) 像が左右逆転するモニターを使用する。2) ビデオデッキ記録像を左右逆転する。3) TVカメラをレンズが横になるように改良する。4) モニター像を鏡に反射してみる。5) 模型そのものを左右逆にして作成する。6) 受光部に鏡ではなく像が逆転しない特殊プリズムを使用する。などの解決策があるが実験装置としては現在のままで問題はない。根本的な解決策としては3)にするのが装置を単純化するためにも汎用性を高める意味でも最も適当である。
- 8) 仰角については視野はせいぜい50°程度。頭を動かす通常の範囲は上下30°程度である<sup>12)</sup>。この装置の77.5°は頭および眼球を回転した時の視野にはおよばないものの

通常の場合には十分に上方の視野をカバーしていると言える。

俯角方向については現在実験を平らな地形を想定して模型で行うことを予定しており、対象の知覚には十分に対応できる角度である。坂道を含むようになる場合には角度調整が必要であるが、鏡やカメラヘッドの取り付け方を調整すると仰俯角方向の視野範囲を変更することが可能である。

- 9) 通常のパソコンの容量として16,382データが記憶可能、28分23秒操作され、0.103秒に一個データが記録される。
- 10) 縮尺1/100で時速4kmに相当する。

#### 参考文献

- 1) Chuck Myer: Cities in 3-D, Planning, pp.31~37, 1986.
- 2) Peter Bosselmann and Kenneth H. Craik: PERCEPTUAL SIMULATIONS OF ENVIRONMENTS, pp.162~190, Methods in Environmental and Behavioral Research, 1987.
- 3) Carl-Axel Acking and Ricard Kuller: PRESENTATION AND JUDGMENT OF PLANNED ENVIRONMENT AND THE HYPOTHESIS OF AROUSAL, Environmental Design Research, Vol.1.
- 4) 岩田 司, 永幡頭久, 山田 学: シークエンシャルスコープによる新しい都市設計手法の研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.295~296, 1985.10.
- 5) 麻生 恵, 鈴木忠義, 小林正幸: モデルスコープシステムの実用化と景観の再現性について, 造園雑誌, 第49巻, 第5号, pp.173~178, 1986.3.
- 6) 谷口汎邦, 宮本文人, 田中英朗: 空間知覚評価実験におけるVTRの有効性に関する研究—建築外部空間の分析(その1)—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1121~1122, 1980.9.
- 7) 谷口汎邦, 松本直司: 住宅地における建築群の空間構成と視覚的効果について—建築群の空間構成計画に関する研究・その1—, 日本建築学会論文報告集, 第280号, pp.151~160, 1979.6.
- 8) 谷口汎邦, 松本直司: 住宅地における建築群の空間構成と視空間評価予測に関する研究—建築群の空間構成計画に関する研究・その2—, 日本建築学会論文報告集, 第281号, pp.129~137, 1979.7.
- 9) 松本直司, 谷口汎邦: 住宅地における建築群の空間構成の類型化とその視覚的効果—建築群の空間構成計画に関する研究・その3—, 日本建築学会論文報告集, 第316号, pp.99~106, 1982.6.
- 10) 松本直司, 谷口汎邦: 住宅地における建築群の空間構成の変化と視覚的効果について—建築群の空間構成計画に関する研究・その4—, 日本建築学会論文報告集, 第346号, pp.143~152, 1984.12.
- 11) 松本直司, 久野敬一郎, 山下恭弘: 計画住宅地の建築群の空間知覚評価および評価メディア開発のための基礎的研究, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 第31号, pp.195~198, 1988.6.
- 12) 日本建築学会編: 建築設計資料集成3単位空間I, 丸善, 1980.7.



## SYNOPSIS

UDC : 72.011.8 : 007

### A STUDY ON THE DEVELOPMENT OF THE SIMULATION MEDIA FOR PERCEPTION AND JUDGMENT OF ARCHITECTURAL SPACE

—Studies on the planning of exterior spaces, 5—

by Dr. **NAOJI MATSUMOTO**, Associate Professor of Nagoya Institute of Technology, **KEIICHIRO KUNO**, "To" Architect Planning Association, Dr. **HIROKUNI TANIGUCHI**, Professor of Tokyo Institute of Technology, Dr. **YASUHIRO YAMASHITA**, Professor of Shinshu University and **SHIGEYUKI SETA**, Tobi-shima Corporation, Members of A. I. J.

In this study, a simulation media for perception and judgement of small scale models of exterior space was developed. This paper reports the mechanism and the results of the performance tests of this media.

The series of studies No.1 to No.4 have been carried out using a piece of equipment with a fiber scope to observe the models as if from standing height. The equipment was useful for the observation of directional space such as a street. Because the fiber scope equipment could not turn around to look backward, it was not suitable for observation of open space, a public square or a plaza. Taking the opportunity after the development of the new super miniature TV camera this study started to develop new simulation media adopting this camera which is capable of omni-directional viewing.

Formerly, this type of simulation media adopted a regular sized TV camera attaching a modelscope for observation from standing height. Because of this mechanism, this equipment could not turn upward for looking at tall buildings.

First, the possibility of the scene in a color TV monitor for the perception and judgment of the real world was considered, comparing the real scenes and those on the monitor. Then the TV monitor was found to be considerably capable of accurate judgment and perception of the surroundings.

Secondly, a simulation media was designed and made up of four regions-frameworks and drivers, operating systems, a video system and small scale models. By connecting these regions, this simulation device media could exhibit its abilities.

Lastly, the mobile capability of this was tested, and confirmed : ( 1 ) The TV camera could move sequentially in eight horizontal directions, do right and left handed rotation, and turn upward to view every direction. ( 2 ) The operation could be easily done using the keyboard of personal computer. ( 3 ) Operated data was saved on a floppy disk and turn back and play-back movings could be done by these data. ( 4 ) Clear vision was obtained under normal indoor illumination.

These above stated properties prove that the simulation media is useful for the perception and judgment of simulated architectural spaces by the small scale models.