

# インテリアデザインにおける人工現実感の 応用に関する研究 第二報

長山 洋子\*

## A Study of Interior Design Systems Using V.R (II)

Yoko Nagayama

**要 旨** インテリアデザインおよび教育においては、デザインした空間を実際に建築する前に（建築しないで）、仮想空間を構築することにより、自らデザインした空間を体験、評価、他者に伝達することは、有効であるといえる。人工現実感システム、通称V.Rを、インテリアおよび、その教育のデザイン支援装置として有効に活用することを目的として、検討を行なってきた。インテリアデザイン支援装置としてのV.Rは、HMDを用いた立体映像表示システムを持ったV.Rが、技術的にはさまざまな問題点が生じているものの、有効性が高いと思われる。さらに、V.R空間において、ものの大きさを認識する場合、何を手掛かりにしているのかを探る実験を行なった。その結果、人間が、実空間で認識しているモノの大きさの記憶を手掛かりにしている事が明らかになった。今後、アイフォン（HMD）を通した画像を体験する人間が、視覚情報として、どのように受け取っているのか、V.R空間を三次元空間として認識しているのか等の、検討の必要性を把握した。

### 1. はじめに

人間が三次元を認識する場合に利用している空間からのさまざまな手掛かりの多くは、視覚からの情報であると言われている。インテリアデザインの場合にも、視覚情報は、デザイン伝達に有効であるといえる。インテリアデザイン情報を、「言葉だけによる伝達」「言葉と図面による伝達」「言葉と模型による伝達」の、三種類の伝達方法で情報伝達効率を調査した。その結果、視覚による情報提供は、言葉だけの場合に比べて、有効に作用していることを、確認することができた<sup>注1)</sup>。V.Rの場合は、コンピュータで構築した三次元仮想空間に没入し、デザイン情報を、実体験によって確認できるため、さらに、その有効性が高いと思われる。

V.Rの、視覚情報の提示方法は、右眼用、

左眼用の映像をそれぞれ作り、両者を別々に供給するものである。左右の眼は、それぞれ視差の異なる映像を見ることにより、立体的な映像を体験することが出来る<sup>1),2)</sup>。さらに、運動知覚を利用した、リアルな現実感を提供するインテリアデザイン支援装置としての可能性を検討した。

### 2. V.Rの立体映像の表示方法

V.R<sup>3),4)</sup>を、インテリアデザイン支援装置として応用する場合に、視覚情報の伝達、表示方法は、視覚的臨場感を確保するための重要な要素となる。人間が、視覚三次元空間を認識する場合には、単眼の情報に基づくものと、両眼に基づくものとに分けられる。人間が、眼を二つ持っているのは、それぞれの眼で受け入れた感覚を、脳で統合して一つの新しい感覚としているからである。この両眼視には、融像（右眼と左眼それぞれの網膜に映った像を一つにまとめ

\* 本学助教授 住居学・インテリアデザイン

てみる働き)と、立体視(視差—右眼と左眼のそれぞれの網膜に映った像の位置が異なる—によってモノを立体にみる感覚)がある。立体視は、片目ではおこらない<sup>5)</sup>。現在行なわれているV.R.の、両眼視の手掛かりを用いた立体映像の表示方法は、大別すると、以下の三種類に分類できる。

#### (1) HMD (Head Mounted Display)

頭部搭載ディスプレイ(HMD)は、図1のように人間の目の前(頭部)に、小型ディスプレイ等を用いた装置を、視野全体を覆うように搭載する立体映像表示装置である。HMDは、小型ディスプレイと、頭部の位置と角度を検出するセンサを用いて、常に頭の向いている方向の映像を供給するものである。HMDを搭載することによって、計算機によって描かれた仮想世界の合成情報以外の感覚情報を遮断し、仮想世界に没入しているように感じられ、臨場感を確保することができる。しかし、頭部運動と、それともなう画像をリアルタイムに表示することに、技術的な問題が生じている。さらに、ディスプレイのもっている解像度画素数は一定であるために、一画素あたりの視覚は視野角を広く取れば取るほど画面が粗くなる。V.R.では、かなり大きなディスプレイとしての視野角を確保しなければならず、解像度は、悪くならざるを得ない。実際には、 아이폰を通しての画像はぼんやりとして、はっきりと見えにくい。

#### (2) SHMD

シースルー型のHMDの代表的なモノは、図2に示す東京大学廣瀬研究室で開発された装置がある。SHMDは、現実の空間と仮想空間を合成させるもので、仮想空間の映像を、実際の空間にスーパーインポーズ(重ねる)するものである。インテリアデザインの分野では、実際の空間に、仮想の物体を組み合わせて、デザインのバランス等を検討するなどの応用が考えられる。実際の空間に重ね合わせて、仮想の映像を提供するものなので、仮想空間と実際の空間との同時表示の技術が必要である。しかし、

HMDの場合と同様に技術的な問題が生じている。さらに、SHMDの場合、実際の視野のすべてにわたって、合成情報をサポートしなければならず、かなり広い視野角を必要とする。現行のデバイスでは、視野角を30度に設定してある。(これは、工学系をコンパクトにまとめるために、フレネル・レンズを使用しているので歪み無しの拡大に限度があったためと、ある程度の解像度を確保する必要があったためである<sup>6)-8)</sup>。このため、視野角の確保に、技術的な問題が生じている。また、仮想空間と、実際の空間の合成画面が不自然でないこと、表示の時

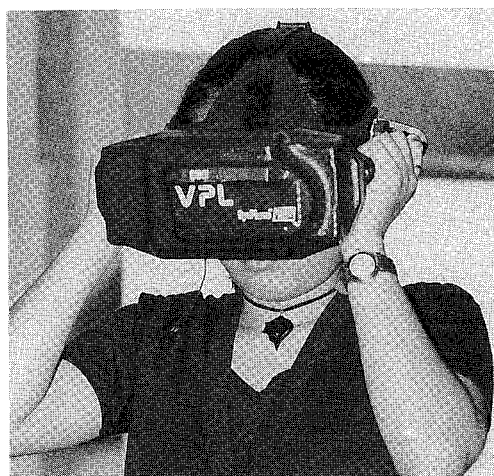


図1 HMD (Head Mounted Display)

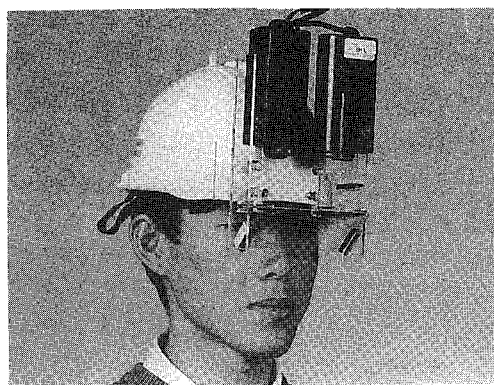


図2 SHMD (See Through Head Mounted Display)

本資料は広瀬研究室より借用

間遅れが不自然でないこと等に問題が生じている。

### (3) メガネ型

メガネ型は、図3に示すように、CRT (Cathode-ray tube) に、右眼用、左眼用の映像を交互に供給し、右眼用の映像の時に右眼のシャッターが開くように、左眼用の映像の時に左眼のシャッターが開くように設定してある、液晶シャッターメガネをかけて立体視を体験するものである。メガネ型は、CRTに供給された仮想世界を、デザイナーと依頼主、教員と学生等、複数のシャッターメガネをかけた人間が、同時に体験できるものである。しかし、あくまでも、ディスプレイ画面の中の映像を液晶シャッターメガネを着装して体験するものであるので、仮想世界への没入感は体験しにくいといえる。

以上、立体映像の表示方法について、インテリアデザイン支援装置としての有効性を検討した。その結果、V.Rの立体映像の表示方法は、技術的にさまざまな問題が生じているが、HMDを用いたシステムが、没入感に優れているという点で、インテリアデザインを支援する装置として有効であることを確認した。

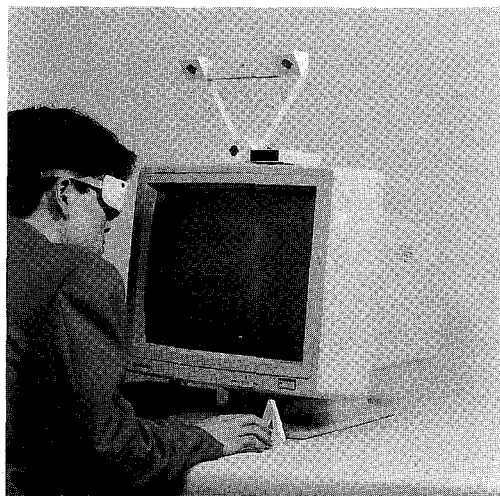


図3 メガネ型

## 3. V.R (RB2 システム) の問題点

HMDを用いたV.Rシステムの代表的な商品として、VPLリサーチ社のRB2システムがあげられる。本研究の一連の実験に、日商エレクトロニクス(株)から借用しているものである。この、RB2システムを、インテリアデザイン支援装置として応用する場合に、以下のような問題点が把握された。(図4)

### (1) RB2 システムのアルゴリズムの問題

仮想世界は、計算機のプログラミングによって実現されているが、そのアルゴリズムが明確でないと、人間が仮想世界の中で行動する際の入力と、出力の因果関係が正しく構成されているかどうか確かめることが出来ず、意味のないものになってしまう。現在、RB2システムのアルゴリズムは、明確になっていない。

### (2) アイフォン (HMD) の生成技術の問題

人間が、仮想世界を認識するための立体映像を提示するアイフォン(視覚ディスプレイ)のレンズの倍率、視野角の調整等、生成技術が明確ではない。さらに、アイフォンを着装する人間の着装の仕方等、個々の特性によっても立体映像の見え方が異なるはずであるが、その調節が出来ない。

### (3) 三次元計測技術の問題

人工現実感を生成するには、人間の動作を正確に計測しなければならないが、三次元空間の物体の位置と姿勢を計測する磁気センサーを使用する上での欠点として、以下の点が考えられる。

① 三次元計測のための位置と動作の計算は、素速い動きに対応するには限界があり、計測に誤差が生じる。

② センサーの位置がソースから75センチ以上離れると、正確な位置が求められない。

③ 金属などの磁性体があると磁場が歪められて正確な位置が求められない。

### (4) データグローブの問題点

仮想世界に対して、操作、入力を加える場合

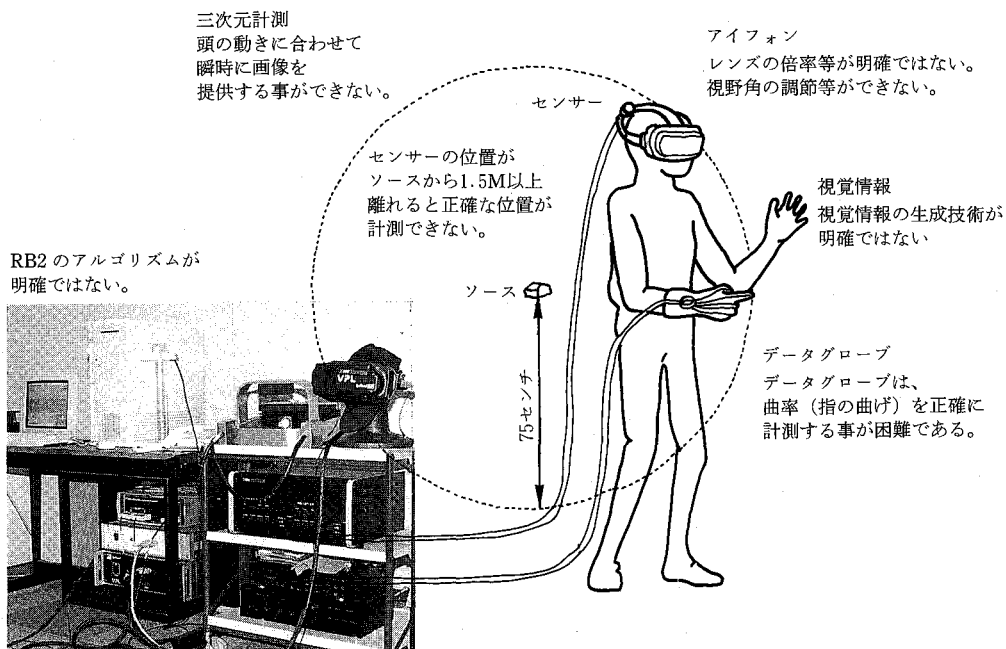


図4 V.R (RB2システム) の問題点

に、手や身体の動きをそのまま自然な形で入力しなければならない。ジェスチャー入力装置の一つであるデータグローブは、人間の指の曲げ角をグローブに付けられた光ファイバーの透過率の変化によって検出されるものであるが、指とグローブとの間に差が生じ、人間の指の曲げ具合も個々に差があり、曲率（光量）の変化を正確に計測することが困難である。

#### (5) V.R 空間の見え方の問題

V.R の、視覚情報の提示は、左右の眼に、それぞれ視差の異なる映像を提示することにより、立体映像を提供することが出来る。しかし、V.R では、図5のV.Rの片目の映像のように、空間が歪んだように見える。広い視野を提供しなければならないディスプレイにおいては、現在は、完全な修正は困難である。また、視覚パラメーターが正しく設定されているかが、問題になる。

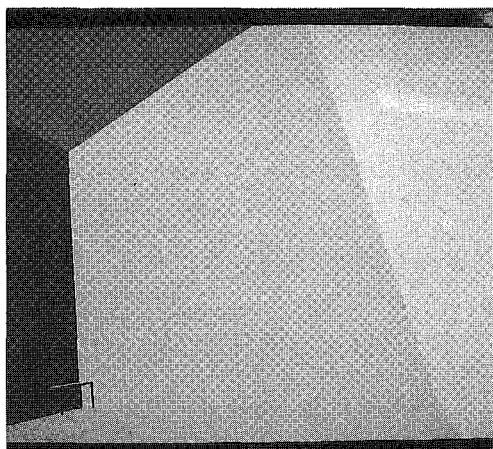


図5 V.Rの片目の映像

#### 4. アイフォンを通してのものの見え方

V.R空間を体験する場合、自然な立体視を提供することが重要である。アイフォンは、没入感を提供することができる立体表示装置である。アイフォンを通して、自然な立体映像を提

供するには、ディスプレイの中心と、眼球の中心との位置関係が正しくセットできる事、提示する描画の消点が、眼球中心位置に一致するように表示しなければならない事等がある。そのため、左右両眼の距離を、着装者のそれに正しく一致させなければならない。しかし、人間の顔の形状はさまざまであり(図6)、左右両眼の距離もまた、さまざまである。図7-1は、男女別の瞳孔間幅の平均値を示したもの<sup>9)</sup>である。図7-2は、瞳孔間幅の測定値で、顔の中心から瞳孔までの距離の右眼と左眼の差を示した図ある。調査対象者は248名、大学生を中心とした14歳から70歳までの男女である。瞳孔

間幅(両眼距離)は、+は、右側が左側より大きく、その距離の差を示している。-は、左側が右側より大きい場合を、示している。鼻を中心として、右眼瞳孔までの距離の方が、左眼瞳孔までの距離より大きい人間が多く、その差は、0.5ミリから最大3ミリとなっていた。両眼距離の差は、最大10ミリ程度はあると言われている。また、両眼距離の最大寸法は71.5ミリで、最小寸法は54ミリであり、最大と最小の差は17.5ミリであった。測定結果から、人間の両眼距離は、性別、年齢等によらず、一定ではなく、個人個人で微妙に異なる事が明らかになった。この結果から、自然な立体映像を提供する



図6 人間の顔の形状

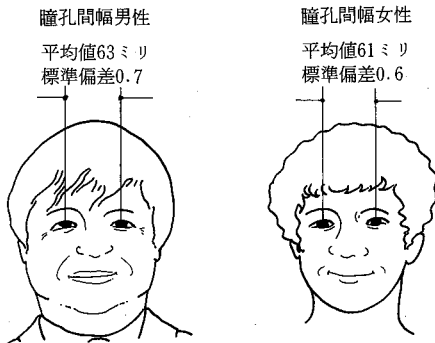


図7-1 瞳孔間幅

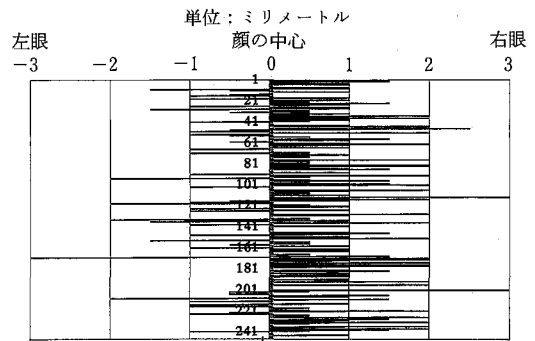


図7-2 顔の中心と左右の瞳孔距離の差

には、アイフォンを装着する人間の左右の両眼に、提示する画像を正しく一致させる調節機能が必要であることを認識した。

さらに、V.Rを体験する人間が、アイフォンを通しての視覚情報を、どのように受け取っているのか、V.R三次元空間を、三次元空間として、立体を、立体として見えているのかという検討は、現在、行なわれていない。今後、検討の、必要性を認識している。

## 5. V.R 応用の検討

上記から、RB2システムは、インテリアデザイン支援装置として応用する場合には、さまざまな問題点が生じることが認められた。V.Rをインテリアデザイン支援装置として有効に応用するためには、以下の内容について検討を加えなければならないことを確認した。

(1) 仮想空間内でのモノの見え方は、1mのモノが1mに見えること。

インテリアデザインを検討する場合、そのデザイン効果をはかる尺度の一つとして、空間の大きさ、配置したモノの大きさ等（たとえば、システムキッチンの場合、シンクの高さ、奥行き、深さ、吊り戸棚の位置、高さ、奥行き等）寸法にかかわる検討が出来ることも重要である。V.Rの画像情報は、Swivelで作成した図形を、アイフォンを通して提供するものである。しかし、Swivelで作成した、1mのモノが、V.Rの空間でも1mに見えているのか、定量的に明らかにはなっていない。

(2) 仮想空間での自分の存在する位置、視点が正確であること。

インテリアデザインを検討する場合、自分の存在する位置、視点（空間のどこに、どのような姿勢で存在しているのか等）は、正確でなければならない。V.R空間で、体験する空間を見ている視点は、現実の体験者の視点と同じ視点に設定しなければならない。さらに、V.R体験者の個々の特性（身長等）によって、その設定は、微妙に変更できる必要がある。

(3) 仮想世界において自然な形の没入感があること。

V.R空間を体験する場合、コンピュータの画面を通して体験するのではなく、その中に、自分が入り込んでいるように感じられるような、没入感が必要である。

(4) 仮想空間を体験している人間の動きに対して、リアルタイムの仮想空間の情報提供があること。

インテリアデザインを検討する場合、見たい時に、見たい場所を、体験者の意志で自由に体験できる事は、有効性が高い。その場合、体験者の頭の動きに合わせて、リアルタイム（見たい時）にV.R空間の情報（見たい場所）の提供を行なわなければ、自然な没入感を得ることは来ない。

## 6. V.R 応用の可能性の実験

V.Rシステムは、上述のような、さまざまな問題点が生じていることを把握した。このような問題点を認識したうえで、さらに、インテリアデザインにV.Rを活用することの可能性について、検討を加えるための実験を行なった<sup>10),11)</sup>。

### (1) 実験内容

V.R空間に生成される立体画像は、実際の立体の寸法とは、誤差が生じているのではないかと推測出来る。しかし、V.R体験者は、何かを手掛かりに、モノ（空間）の大きさを判断し、空間を知覚していることは、明らかである<sup>12)</sup>。そこで、V.R空間を体験する人間は、V.R空間をどのように知覚しているのか、何かを手掛かりに大きさを判断しようとしているのかを、確認することを目的とした実験を行なった。

### (2) 実験方法

本実験は、人間が記憶しているモノの大きさを、V.R空間に表示された三次元図形を手掛かりに、引き出すことを目的としている。実験は、建具（ドア）、机、を配置したV.Rの部屋

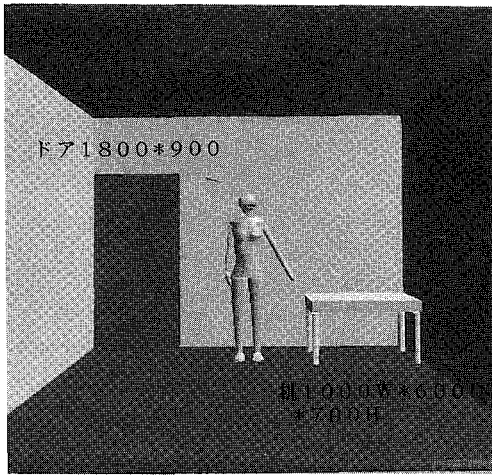


図8 実験に使用した空間 (成人)

(図8)に、教示(表1)に従って3人の人間(成人, 10歳, 6歳)を別々に提示し, その人間の体型を推定する。その後, 何を手掛かりに人間の体型を推定したのか, 聞き取りを行なった。被験者は, V.R空間を, 教示に従って, 強制的に運動知覚を加えた体験を経験した後, 自分の意志で自由に体験出来るようにした。

(3) 被験者

本学, インテリアデザインコース学生5名。

(4) 結果

本実験では, 運動知覚と, 人間が実空間で記憶しているモノの大きさを手掛かりにすることによって, V.Rの空間での大きさ等を判断していることが明らかになった。図9は本実験に使用したV.Rの片目の映像である。V.Rを体験している被験者は, アイフォンを通して図9のような映像を送られ, V.Rを体験する。その結果, 表2のように, 被験者はV.R空間の, 建具(ドア)の高さ(1800ミリ)と, 机の高さ(700ミリ)を大きさの手掛かりとしていた。しかし, 本実験では, モノの高さを手掛かりとしているが, 奥行きや幅に関しては, 手掛かりとしての重要性は見られなかった。

本実験結果から, V.R空間の三次元図形の大きさを判断する場合, 人間が実空間で記憶しているモノの大きさ, 形状を思い出して, 照合

表1 実験に使用した教示

〈教示〉	
今から, 3人の人間をそれぞれ2回見ていただきます。	
部屋は, 普段ふつうに目にする部屋の大きさです。その中に普通の大きさの机が置いてあります。その机のわきに, 女性が立っていますので, その人の, “身長, バスト, ウエスト”の大きさをだいたい結構ですから, 教えてください。	
なお, これからお見せする, それぞれの画像は, 声がかかるまでは, 次の図形をお見せしません。では, VR空間内で, 推定を行うために必要な行動を, 1つだけ指示しますので必ず守ってください。	
1.	まず, 指示された画像を, 首を左右に振って, 必ず見回してください。
2.	次に, 一歩前にでて同じように空間内を見渡してください。
この, 一連の動作が完了したときに, それぞれの大きさを教えてください。	
では, お願いいたします。	

表2 実験結果

被験者	推定時に大きさの手掛かりとして参考にしたモノとその大きさ	推定した部屋の大きさ
A	ドアの高さ1800 机の高さ700	6畳位以上
B	ドアの高さ1800 机の高さ700	6畳位
C	ドアの高さ1800 机の高さ700	6畳位
D	ドアの高さ1800 机の高さ700	6畳位
E	ドアの高さ1800 机の高さ600~700	4.5畳位

\*参考にしたモノの大きさは高さについての寸法で, 奥行きに関しては意識されなかった。

することによって, その大きさを知覚していることの可能性が認められた。

そのため, 人間の記憶による大きさの知覚を有効に利用することによって, インテリアデザイン支援装置として, V.Rを応用することの可能性を見いだした。

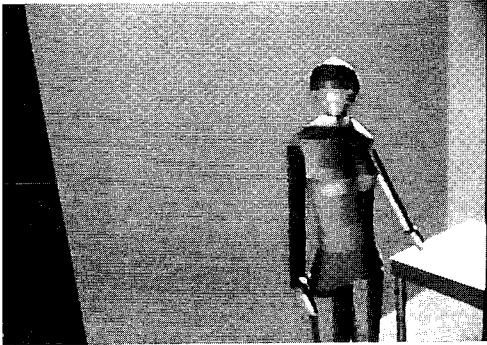


図9-1 V.R 実験の片目の映像 成人女性

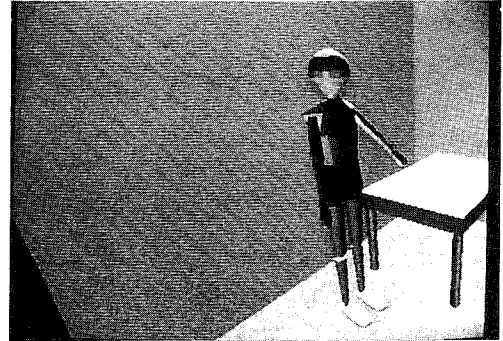


図9-3 V.R 実験の片目の映像 10歳

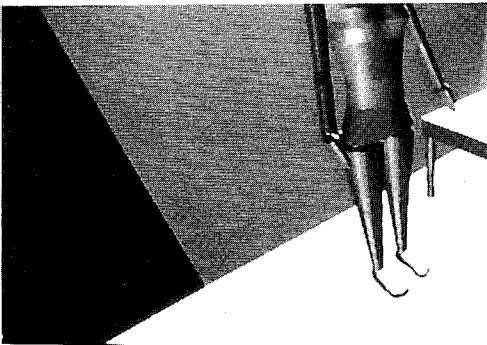


図9-2 V.R 実験の片目の映像 成人女性

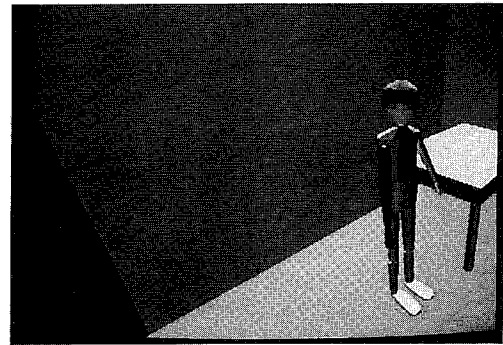


図9-4 V.R 実験の片目の映像 6歳

## 7. ま と め

本報告では、V.Rを、インテリアデザイン支援装置として、有効に応用することを目的として検討を行なった事を報告した。V.Rを、本格的な、三次元CADとして応用するには、今後の、技術の向上を待たねばならないと考えている。

V.Rの画像提供は、ディスプレイの中心と、眼球の中心との位置関係や、提示する描画の消点と、眼球中心位置に一致するようにしなければならず、また、左右両眼の距離を、着装者のそれに正しく一致させなければならないと思われる。自然な立体映像を提供するには、アイフォンを装着する人間の左右の両眼に正しく一致させる調節機能が必要であることを認識した。

また、アイフォンを通しての画像提供は、

V.R空間の三次元の図形が、現実のモノと異なる形状、大きさとして知覚される場合があると推測できる。しかし、現在、実用化されている機能および性能の範囲で検討を行なった結果、実際の空間で大きさを記憶しているモノ(建具の寸法、高さ1800ミリ、幅900ミリ、机の高さ700ミリ等)が、V.R空間の認識の際に、重要な手掛かりとなっていることが明らかになった。インテリアデザインの検討に必要な最低限の形状の認識は、可能であると思われる。

今後、この事実を、認識したうえで、インテリアデザインのシュミレーション等への応用も検討していく。

さらに、体験する人間が視覚情報として、V.R画像を、どのように受け取っているのか、V.R三次元空間を、三次元空間として、立体を、立体として見えているのかという検討を、



今後、行なわなければならないと考えている。

## 8. 謝 辞

本研究にあたり東京大学工学部産業機械工学科、廣瀬通孝先生、同大学技官、中垣好之先生、同大学院博士課程、木島竜吾先生、株式会社セガ・エンタープライゼス、第二AM研究開発部 名越稔洋課長、および、本学、内井乃生先生、梶谷哲也先生に御教示賜りました。感謝申し上げます。V.R 実験に際して、RB2システムの便宜をはかり、ご配慮いただきました、日商エレクトロニクス(株)電子機器事業部応用電子部の皆様に厚く感謝申し上げます。

なお、V.R 応用の可能性の実験は、本学情報科学センター梶谷哲也先生と共同で行なった実験の一部です。

### 〈参 考 文 献〉

- 1) 畑田豊彦：疲れない立体ディスプレイを探る：日経エレクトロニクス，204
- 2) 畑田豊彦：人工現実感に要求される視空間知覚特性：人間工学会誌 Vol. 29, No. 3, 1993
- 3) 広瀬通孝他：バーチャル・テック・ラボ：工業調査会，1992
- 4) 岩田洋夫：人工現実感生成技術とその応用：サイエンス社，1992
- 5) 日本眼科医会：眼科検査の進め方 第三版，医学書院，1991
- 6) 広瀬，木島，佐藤，石井：シースルー型HMDを用いた仮想空間による実空間の修飾の研究，計測自動制御学会第六回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，1990
- 7) 広瀬，木島，佐藤，石井：透過型頭部搭載ディスプレイの開発，第八回日本ロボット学会学術講演会論文集，1990
- 8) 木島，石井：仮想空間の相似性に関する研究，東京大学機械工学部研究報告集，1991
- 9) 小原，内田，上野，八田：計測値のデザイン資料—人体を測る：日本出版サービス，1986
- 10) 梶谷，他：教材としてのバーチャルリアリティの検討(2)，日本教育工学会，1993
- 11) 梶谷，他：教材としてのバーチャルリアリティ

の検討(1)，日本教育工学会，1992

- 12) 長山洋子：インテリアデザインにおける人工現実感の応用に関する研究 第一報：文化女子大学紀要，1993

### 〈注1〉

#### 〈実験内容〉

本学、「インテリア(CAD) 演習」の講義の中で、インテリアデザイン情報を、「言葉だけによる伝達」「言葉と図面による伝達」「言葉と模型による伝達」の、三種類の伝達方法に分けて、情報伝達効率を確認するための演習を行なった。

学生を4~5人ずつのグループにわけ、各グループを上記三種類の伝達方法による3チームに分類し(各チーム3グループずつ)、インテリアデザイン情報の伝達実験を行なった。

#### 〈実験方法〉

リビングダイニング空間(7m×7m×2.4m)の、彩色した図面と模型を用意して、各チームの1組目のメンバーに見せた。資料からくみ取れるインテリアデザインの情報を覚えてもらい、次の組のメンバーにそれぞれの伝達方法を用いた伝達実験を行なった。伝達組数は、各々3組ずつで順次伝達していく。最後の組は伝達された内容を、どのような表現方法であっても構わないという条件で、伝達されたインテリアデザインの情報内容を記入してもらった。

#### 〈実験結果〉

言葉だけの伝達チームは、言葉だけによる伝達に限られるので、言葉で表現できる範囲の伝達に限られた。平面図を描いたところ、大きさ、寸法の伝達が行なわれていなかったことが明らかになった。さらに、家具の形状や配置等の伝達も、正確には行なわれていなかった。色や材質の伝達は、言葉に置き換えられる表現での伝達に終始した。

言葉と図面による伝達チームは、彩色してある平面図を情報として提示できるが、平面図に記入してある範囲だけの伝達しか行なわれなかった。与空間の大きさ(寸法)の伝達は行なわれたが、高さに関する伝達は行なわれていなかった。色、材質等は、言葉だけのチームに比べてリアルな情報伝達表現がなされた。彩色した平面図による情報提供は、言葉

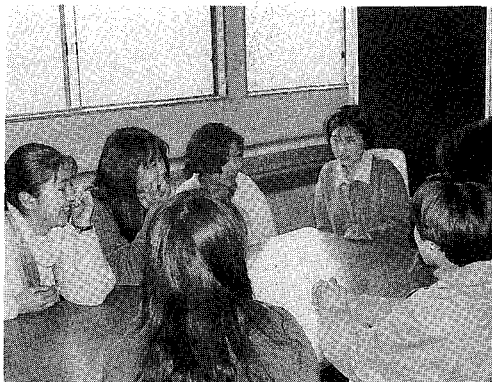


図10-1 インテリアデザイン情報伝達実験  
言葉だけによる伝達



図10-2 インテリアデザイン情報伝達実験  
言葉と図面による伝達

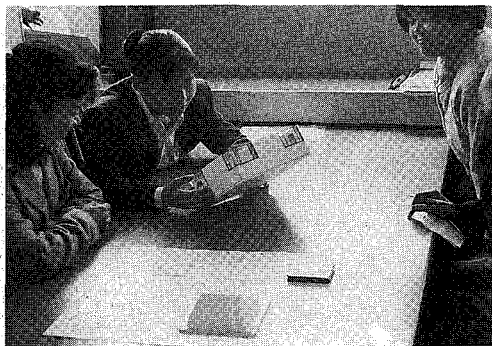


図10-3 インテリアデザイン情報伝達実験  
言葉と模型による伝達

だけの場合に比べて、情報の伝達量が多くなっている事が明らかになった。

言葉と模型による伝達チームは、模型が加わったことにより、高さに関する情報の伝達や立体的な形状の伝達が行なわれた。開口部の形状や、家具の形状等は、具体的な伝達が行なわれたことが分かる。色は、単なる色名だけでなく、具体的な色の表現が行なわれた。模型情報伝達は、具体的な情報の伝達が可能であった。

インテリアデザインの情報伝達量は、言葉による伝達よりも彩色図面の伝達の方が、伝達効率が高く、彩色図面より模型による伝達の方がさらに、効率が高い。情報伝達には、情報量の多い伝達方法が有効であることが分かった。