

## 運動視差に基づく3次元表示法と奥行き感の強調に関する研究

阿南正明

機械電子部

### Study on 3D Data Presentation System based on Monocular Moving Parallax and Exaggeration process for the Depth Representation

Masaaki ANAN

Mechanics & Electronics Division

#### 要旨

昨年度に引き続き、3次元形状データを画面に表示する際、頭を動かしてのぞき込む動作により、現実の物体と同じように側面や穴の中が見えるようにするには、どうしたらよいかを検討した。試作した装置を用いて、特に前後関係のわかりにくい3次元図形の奥行き感を強調した上でのぞき込むためには、パラメータをどのように変更すべきかを決定した。具体的には、カメラの接写と同じく仮想視点を仮想物体に近づけ表示図形を算出し、その際の画面とユーザ視点との距離を調整し、さらに2次元の倍率を調整することにより、奥行き感の強調表示を試みた。

#### 1. はじめに

3次元CAD等を使って立体図形の設計作業をしている時、図形の画面表示法に関して

1) 現実物体に可能な限り似せて表示する。

2) ユーザの必要とする情報を故意に図形に付加する。

という2つの方向性が挙げられる。1)の実現のため、隠線消去、ソリッドモデル化、テクスチャマッピング、レイトレーシング、さらには両眼視差を利用したVRの研究等が盛んである。

これに対し2)の方法は、ボリュームレンダリングや非現実的な陰影の付加、物理量に対応した着色処理等が考えられ、状況に応じてこれら2つの方法を組み合わせたり、使い分けたりする必要がある。<sup>1)</sup>

今回は当センターで昨年度までに試作したのぞき込み表示装置を用いて、ワイヤーフレーム図形ののぞき込み表示に関する実験を行い、特に立体図形の奥行き感の強調に関して検討を行った。

ワイヤーフレームは針金のように図形の綾(輪郭線)のみを表示する表示法であり、ソリッドモデル等比べて現実感は薄らぐが、複雑な内部構造を持つ立体の中身をすべてユーザに見せつつ表示することができるというメリットがある。

また、奥行き感の強調はもともと透視投影処理に含まれる遠近法に関する要素の強調であり、後に述べるようにカメラの接写と同様の効果を計算上付加することによって、その実現が可能かどうかを検討した。

奥行き感の強調を行う事により、3次元の画像としては若干歪みが生じ、非現実的な表示となるが、複数の

パーツからなる物体のパーツの前後関係等をユーザに強調して伝えたい場合などに、このような視覚効果が有効であると考えられる。

#### 2. のぞき込み表示における奥行き感の強調

##### 2.1 システムの概要

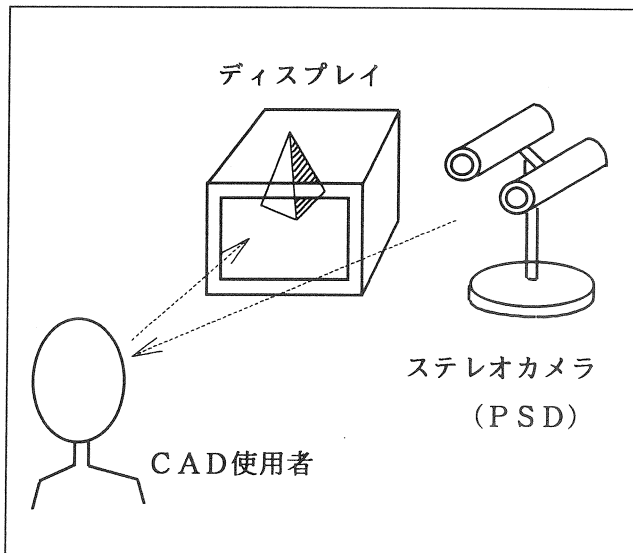


Fig.1 システム概要

昨年度試作したシステムの概要を Fig.1 に示す。CADユーザーの頭部位置をPSD位置検出装置(将来はステレオカメラを予定)で検出し、コンピュータ本体にその情報を送る。PSDの発光体はヘッドフォンに取り付け、ユーザに装着してもらう。コンピュータは受け取った頭部位置の情報に基づき、本来その位置から見えるはずの

画像を算出し、ディスプレイに動画像として表示する。これを絶え間なく繰り返すことにより、ユーザの運動視差を画面上の表示に反映することができる。

## 2.2 のぞき込み量を伴う透視投影

のぞき込み移動量（以下の式で  $d\vec{F}$ ）を明確にするため、3次元のベクトルを使ってのぞき込み表示のための透視投影の式を求めた。<sup>2)</sup>

(のぞき込み表示)

$$s1 = dFx + (F/t1)(Px \sin \theta - Py \cos \theta - dFx)$$

$$s2 = dFy - (F/t1)(Px \cos \theta \cos \phi + Py \sin \theta \cos \phi - Pz \sin \phi + dFy)$$

ここで、

$$t1 = (Px \cos \theta \sin \phi + Py \sin \theta \sin \phi + Pz \cos \phi)$$

(1)

ただし、パラメータとしては、下記の変数を用いた。

物体上の任意の点	: $\vec{X} = (x, y, z)$
目の位置	: $\vec{E} = (Ex, Ey, Ez)$
視線の水平角度	: $\theta$
視線の垂直角度	: $\phi$
目と画面との距離	: $F$
目から画面原点までの垂直なベクトル	: $\vec{F}$
ユーザの初期状態における仮想視点と 仮想スクリーンとの垂直距離	: $F_0$
画面に対する視点のずれ (画面上の座標で)	: $d\vec{F} = (dFx, dFy, 0)$

2次元画面上の描画点（求める値） : (s1,s2)  
なお簡単のため、 $\vec{P} = \vec{X} - \vec{E}$  とかく。

(2)

PSDの検出した頭部位置 (F, dFx, dFy) を(1)式に代入し、(s1, s2) を画面上で線分で結んでいく事により、運動視差を含めたワイヤーフレーム画像の表示を行う事が出来る。

## 2.3 のぞき込み表示における奥行き感の強調

巨大なビルなどを屋上近くから接写すると、極めて奥行き感のある画像が得られる。またビルの模型であっても小型のカメラを用いる等して、極めて近い位置から接写する事により、それがあたかも巨大なビルであるかのような奥行き感の強調を行う事ができる。

実際の透視投影処理では、これは仮想視点の位置と、仮想物体との距離を小さくする事を意味する。

そこで、上記のようなのぞき込み表示を行いつつ、仮想視点と仮想物体との距離の値を小さくして、表示画像がどう変化するかを観察し、PSD発光装置を額に取り付けたままの状態、その様子をカメラ撮影した。

## 3. 実験方法

### 3.1 奥行き感の強調

下記の手順で、奥行き感の強調について実験を行った。

1) 仮想視点を物体座標原点に近づける

$$\vec{E} = (Ex, Ey, Ez) \Rightarrow c\vec{E} = (cEx, cEy, cEz)$$

cは倍率、但し  $0 < c < 1$

2) 仮想視点と仮想スクリーンの距離を

仮想視点と物体座標原点の距離に等しくする。

$$F_0 = |\vec{E}|$$

$F_0$ は、ユーザの初期状態における仮想視点と仮想スクリーンとの垂直距離。

3) 2次元画面の倍率を調整

4) 2次元画面の原点を調整

3) と 4) の調整は視点を近づけた事で、表示そのものが拡大され画面からはみ出してしまうのを防ぐ目的で設定した。上記のすべての値は実際にのぞき込み表示を行いながら、キーボードから数値を入力することにより、手作業により変更した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 結果

Fig. 2~ Fig. 4 に各のぞき込み位置における、奥行き感の強調の様子を示す。各図の(a) (b) (c)それぞれにおけるパラメータは Table 1 のように設定した。

Table 1 奥行き感の強調に関するパラメータ

	パラメータ	値	
(a)	$\vec{E}$	(40,40,45)	[cm]
	通常表示	$ \vec{E} $	72.2 [cm]
		$F_0$	72.2 [cm]
		2D倍率	37[pixels for 1 cm]
(b)	$\vec{E}$	(20,20,22.5)	[cm]
	半分の距離	$ \vec{E} $	36.1 [cm]
	で接写	$F_0$	36.1 [cm]
		2D倍率	30[pixels for 1 cm]
(c)	$\vec{E}$	(10,10,11.3)	[cm]
	1/4の距離	$ \vec{E} $	18.1 [cm]
	で接写	$F_0$	18.1 [cm]
		2D倍率	23[pixels for 1 cm]

(\*) Fig.2~ Fig.4 それぞれののぞき込み位置に対して、(a),(b),(c)の強調表示を行った。

#### 4.2 パラメータ $F_0$ について

のぞき込み表示では、ユーザの目の位置をたえまなく計測し、3次元図形の側面や穴をのぞき込めるように、画面の方もたえまなく描き直している。

この表示法では、 $\vec{E}$  は仮想空間内の視点位置を表し、 $(F, dF_x, dF_y)$  は現実の部屋の中での視点位置を表す。両者は全く独立した別の値である。

また自然な状態で座ったユーザの目とディスプレイの垂直距離を  $F_0$  と書くことにする。

試しに  $(F, dF_x, dF_y = \text{のぞき込み量})$  を現実の視点の値と等しくしたまま、奥行き感の強調を行ってみると、心理的に安定した表示が得られなかった(のぞき込むことにより物体が移動しているかのように見える)。両眼の情報や予備知識により、ユーザが表示物体は画面付近に存在する物と、あらかじめ確信しているためにこのような現象が起こると考えられる。

そこで今回奥行き感の強調を行う際、まず表示しようとする物体座標の原点を画面上に制約し、次に Table1 に示すように、 $F_0$  の値を強制的に“仮想視点と物体座標原点との距離”に等しくなるよう設定した。

これよりのぞき込み量に関し、非現実的な値が設定されることとなり、画像は若干ひずむが、表示物体は常に画面付近に存在することになるため、心理的には最も安定したのぞき込み表示を行う事ができる。もしこの操作を行わなければ、接写の効果により、表示物体は画面から飛び出して、ユーザの目の前に浮かぶ事となり、両眼視差をサポートしていない今回のシステムでは、表示に矛盾が生じているかのように見えてしまう。

このためカメラの接写の効果を加算するために仮想視点を物体に近づけた際、心理的に安定した表示を得るには、のぞき込み量に関する値 ( $F_0$ ) を実際よりも画面に近づけた  $|\vec{E}|$  の値に再設定する必要がある。

#### 4.3 強調を伴わない、のぞき込み表示について

上記の現象は必ずしも奥行き感を強調する際の問題ではなく、通常のにぞき込み表示にも当てはまる。例えば、自然な状態で座ったユーザの目とディスプレイの垂直距離が 40[cm] だったとする。また仮想視点と仮想物体の距離がもともと 20[cm] だったとする。理屈の上では、のぞき込み量の垂直成分初期値  $F_0$  の値は 40[cm] とすべきであるが、経験的には  $F_0$  の値を 20[cm] とした方が、よい表示が得られ、表示物体を問題なくのぞき込める。このように、 $F_0$  は現実の値ではなく、仮想視点と仮想物体

との距離に等しく設定しなければならない。

以上をまとめると、

○ 画像の歪み 0 の状態で表示するために、

$|\vec{E}| = F_0$  になるよう、初期画像を設定する。

○ やむなく  $|\vec{E}|$  を変更する場合(奥行き感強調)、

$F_0 = |\vec{E}|$  と、再設定する。

#### 4.4 奥行き感の強調の効果について

奥行き感を強調することにより、画像は若干歪んで見えるが、上に述べた理由により、本システムではそれは回避できない。

Fig.2~ Fig.4 を見ると、下の写真を見るにつれ、画像としては歪みが生じているが、それにより、前後関係は明白になっている。

今回使用したような、複数のパーツからなるさらに複雑な図形が対象となっていて、その前後関係をはっきりと示したいような場合には、この方法に基づく奥行き感の強調表示が、有効である。

#### 4.5 利用法について

奥行き感の強調をすべきかどうかは、表示図形の形状と、ユーザの編集目的によって異なるため、強調を行うか否かはその時の状況に応じ、ユーザ側で設定してもらう事が望ましい。

#### 4.6 ユーザインタフェースへの応用

今回のシステムでは、仮想物体はディスプレイの箱の中ではなく画面の表面付近に位置している。物体座標の原点は、常に画面の表面に拘束される。

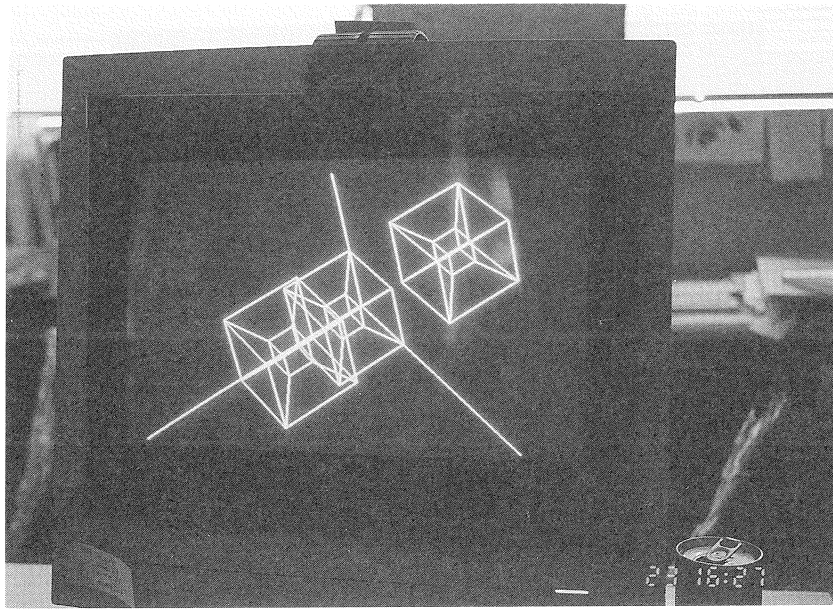
そのため、設計対象の図形だけでなく、アイコン、メニュー、データベース階層構造などのユーザインタフェースを3次元化し、のぞき込み表示の実験を行う場合、これらはディスプレイの箱の中ではなく、すべて画面の表面付近に存在するものとして作成する必要がある。

### 5. まとめ

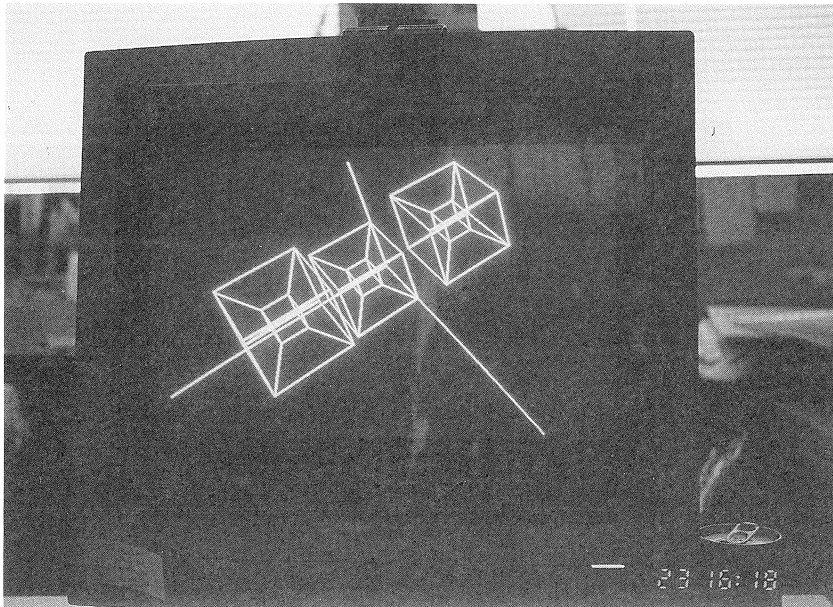
昨年度試作した、運動視差による画像の変化を加算する表示装置を使って、ワイヤーフレーム表示された実際の3次元図形の奥行き感を強調する実験を行った。そのために必要なのぞき込み量の初期値の調整法について、特に検討を行った。

#### 参考文献

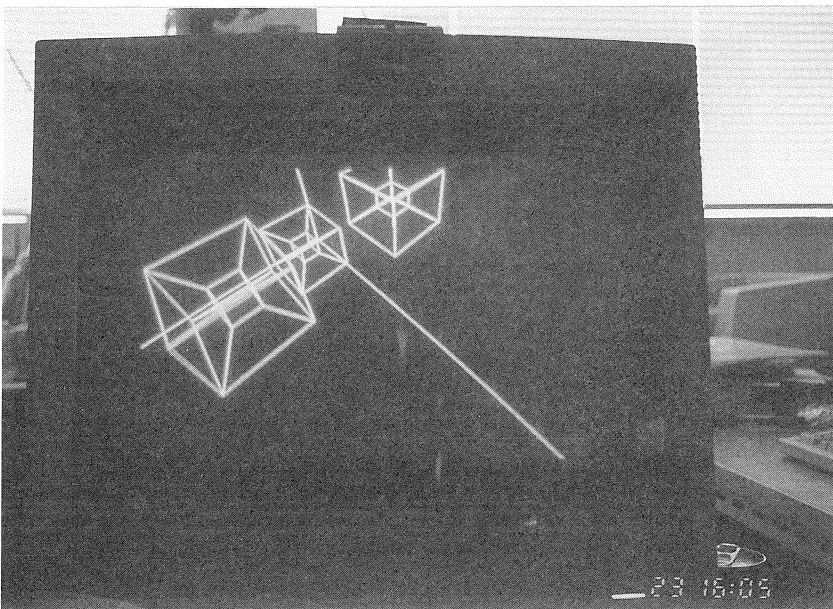
- 1) 増田千尋：“3次元ディスプレイ”，産業図書(1990)
- 2) 平成9年度年次報告書：“のぞき込み可能な3次元形状表示装置の試作”，大分県産業科学技術センター(1998)



(a) 通常表示

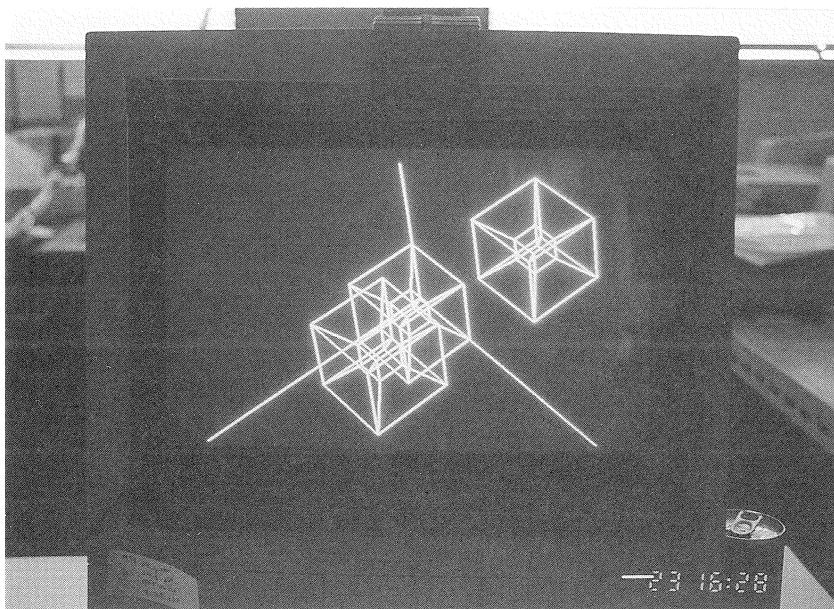


(b) 奥行き感強調 (1/2接写)

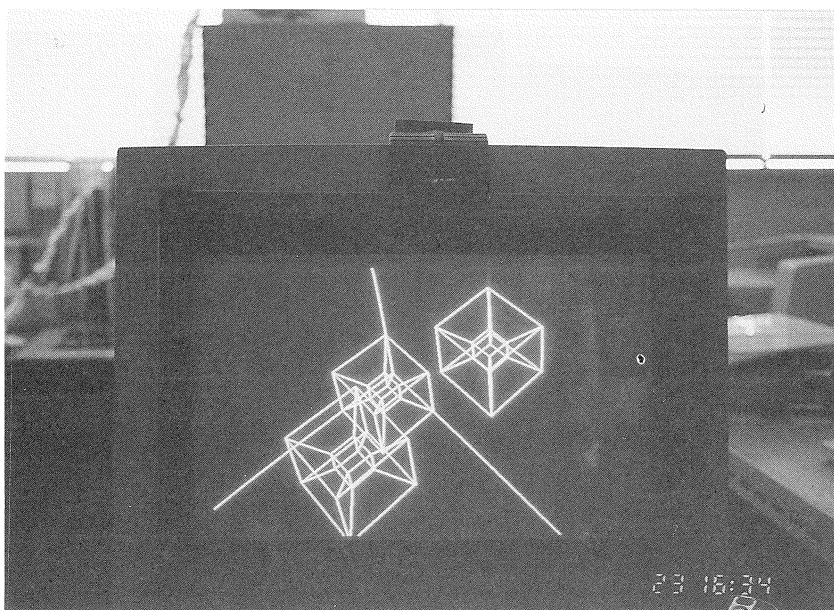


(c) 奥行き感強調 (1/4接写)

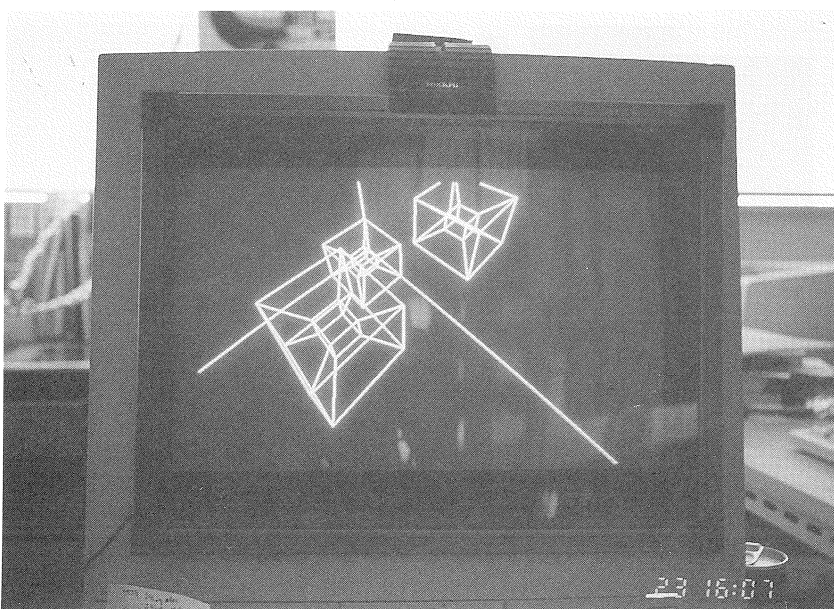
Fig. 2 奥行き感の強調 (右から見た図)



(a) 通常表示

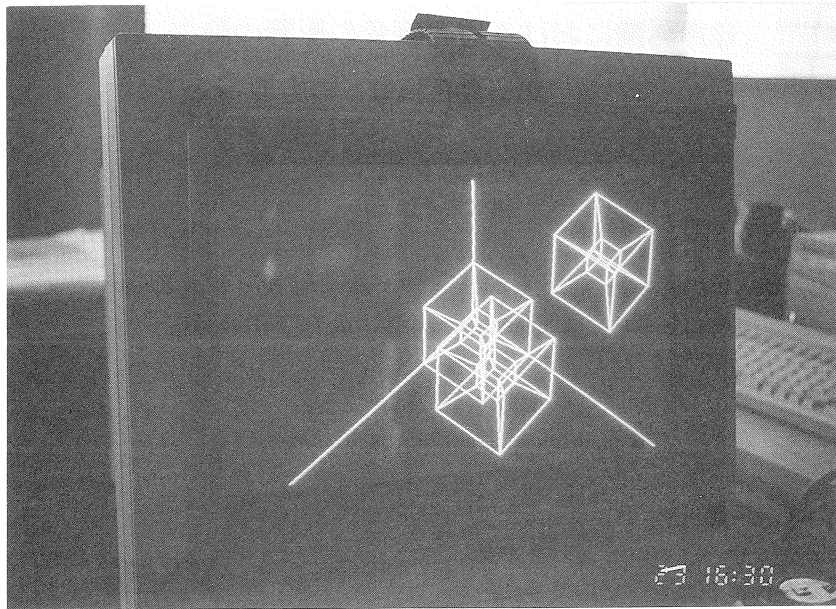


(b) 奥行き感強調 (1/2接写)

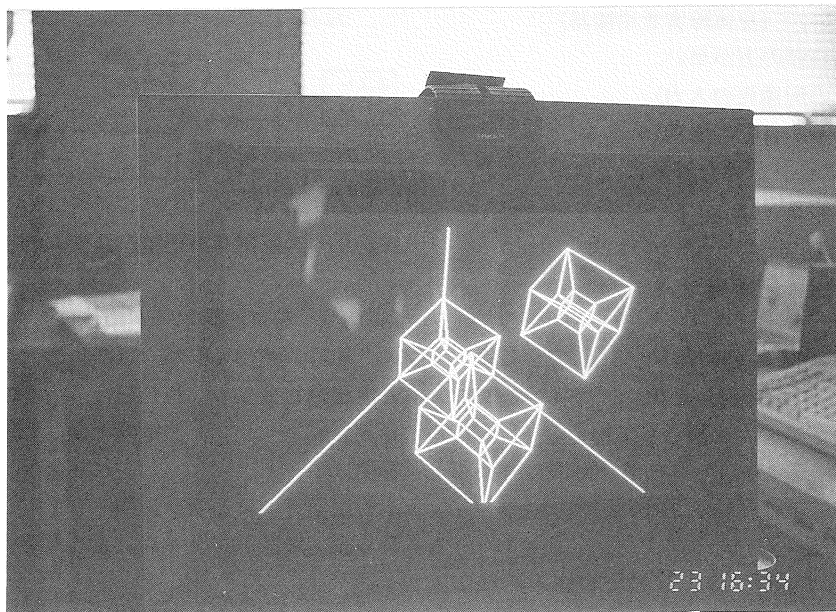


(c) 奥行き感強調 (1/4接写)

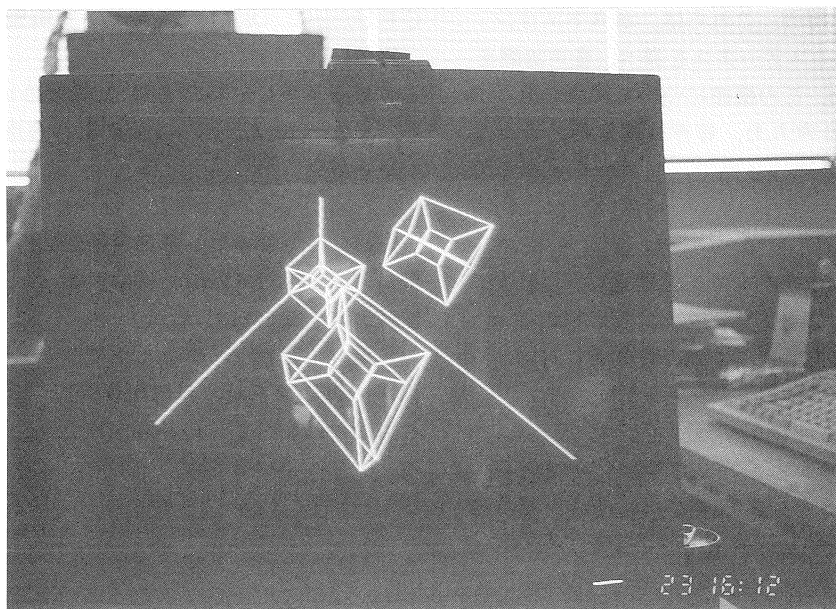
Fig. 3 奥行き感の強調 (中央から見た図)



(a) 通常表示



(b) 奥行き感強調 (1/2 接写)



(c) 奥行き感強調 (1/4 接写)

Fig. 4 奥行き感の強調 (左から見た図)