

# 立体視座標入力による三次元設計システムの開発

若松 秀俊 本間 達 (東京医科歯科大学)

## CAD-System with 3D-Coordinate Input Device Based on Binocular Parallax

H.Wakamatsu and S.Honma (Tokyo Medical and Dental University)

**Abstract** A stereoscopic input system of coordinates is developed for the stereoscopic design of machinery parts according to stereoscopic view by binocular parallax. 3D-coordinates are stereoscopically input by 3D mouse cursor synthesized as an input device which freely moves in any direction of real and imaginary spaces. It is used for the realization and change of stereoscopic design of an image object displayed in a real time. An input-shape is given as a trajectory of an input device. The stereoscopic intermediate image is obtained in every input-operation making clear a trace of edge-point of an input device with rest domains characterized by different colors. The complete image of an object gives necessary information which will be directly used for the realization of its actual parts with appropriate characteristics.

### 1. まえがき

形状の詳細を三次元実空間内で直接立体視しながら機器の設計を行い、この過程を投影図または見取り図として与え、構成部品の形状を正確に描き出すことは、設計機器の構造の直感的理解と生産に直結する重要なマン・マシンコミュニケーション手段である。ところで、この技術はハードウェアとして機器を実現するために、空間内で仮想の物体を加工する点で人工現実感の技術と共通するものがある。すなわち、それは運動・感覚系の相互作用を考慮した仮想物体に対する画像の操作・加工システム技術そのものである。したがって、著者らが提案した仮想物体の種々の加工法はCADによる様々な形状をした部品の試作や、手術、生体臓器の解剖など広い分野でその威力を発揮できる。ここで用いる技術は立体視化マウスカーソルの技法を基礎とするものである。その特徴は、CRTディスプレイ画面前方の実空間だけでなく画面の奥の仮想空間でまで仮想物体を操作できることにある。この技術を機器の設計に用いて、オペレータが手と指の動きを直接的に認識しながら、卓上で立体設計ができる<sup>1-3)</sup>。以下では、両眼立体視による立体視画像の立体形成と直接同時座標入力およびCADに付随する説明事項の自動記述化機能を備えた立体設計システムを構築する。

### 2. 三次元座標の入力と立体構成

まず、立体視化三次元マウスの原理と実空間上での仮想物体の立体視座標入力法について述べる。

#### 2.1 両眼視差による立体視

左右両眼を視点として、2つの画像を、Fig.1のように交互に映写することによって立体視する。この両眼視差により立体視しながら順に点を入力して線分を描き、線分の組み合わせにより三次元立体図形を描く。得られた三次元図形を実時間で左右両眼用の画像に合成して両眼視差により立体として認識する。すなわち、左右両眼にそれぞれ入る三次元画像の投影画像をCRT上に作成し、交互にディスプレイすることにより立体視を行う。図中 $V_L, V_R$ は左右の視点の位置とする。また、三次元空間上の点 $P$ について、両眼にそれぞれ入る物体の画面上の投影位置を $P_L, P_R$ 、それらの移動後の投影位置を $P_{Ln}, P_{Rn}$ とする。このとき $P$ および $P_n$ の座標は自動的に入力できるだけでなく、両眼視差を用いて立体視しているので描写立体は画面の内側にも存在させることができる。

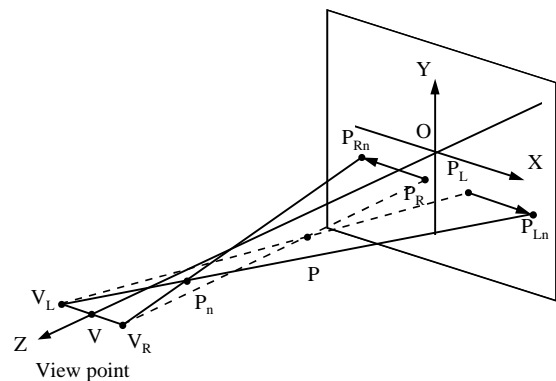


Fig.1 Stereoview of an image object based on binocular parallax.

#### 2.2 立体視化マウスと三次元座標データの入力

通常のマウスはカーソルが CRT 画面上を移動するだけである。マウスカーソルは一つしか表せないで、グラフィック画面の映写の切換えに同期させて両眼視差に対応する位置にカーソルを移動させることにより立体視を行う。この処理の概略を Fig.2 に示す。同図(a)はマウスカーソルの先端 P が投影面より手前の三次元空間に見える状態である。この点 P の透視投影が  $P_M$  に相当し、両眼にそれぞれ入る投影画像の  $P_L$  と  $P_R$  を交互に CRT 上に映写し、それに同期させて設計画像を交互に描写すれば、設計画像とマウスカーソルは共に立体視可能になる。座標値は P で決まるが、重要なのは投影面上の  $P_M$  の位置である。投影面から視点までの距離と両眼の間隔は一定なので、三角形の比例関係が成り立ち、CRT 上の  $P_L$  または  $P_R$  が容易に計算できる。この 2 点の間隔、すなわち両眼視差をマウスのボタンを用いて変化させることにより、

実際に見えるマウスカーソルを三次元空間で視点方向に前後（浮き沈み）させることが可能となる。マウスカーソルが沈んだ状態に見える状態の一例を示したのが同図(b)である。ところで、投影面上で  $P_L$  が右に、 $P_R$  が左に動いたとすると、立体視によって三次元空間内の点 P は手前に移動して見える。その逆に動けば、点 P の移動も逆方向となる。実際に、左ボタンが押されれば、 $P_L$  を右、 $P_R$  を左に移動させ、右ボタンが押されれば、 $P_L$  を左、 $P_R$  を右に移動させる。従って、従来のマウスカーソルの上下左右の連続的な動きに加えて、前後の連続的な動きが可能となり、三次元空間内での連続的な移動操作が可能となる。すなわち、入力すべき点を決定した後に、たとえば改行復帰キーを押すことによってその点の座標値を入力することができる。

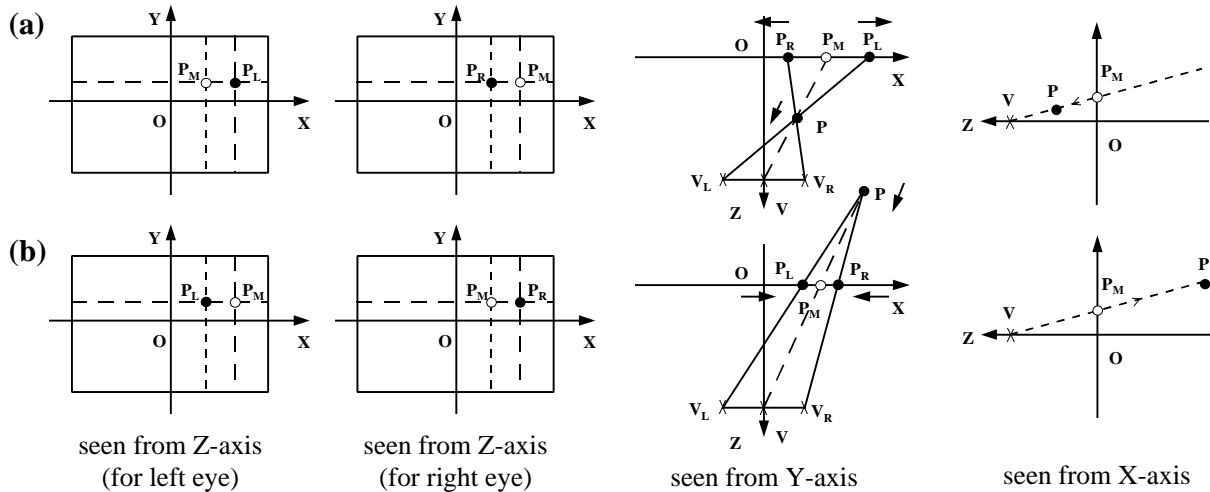


Fig.2 Principle of stereoview of the mouse cursor.

### 3. 立体視設計システム

#### 3.1 システムの概要

前節に述べた立体視化マウスを用いて実際に入力制御可能なシステムを Fig.4 のように構成する。三次元マウスで端点をクリックしながら立体図を描くと線分の位置が決まった時点でカーソルの先端の座標値が入力される。カーソルと再合成された立体画像データが左右両眼用の画像として CRT 上に交互に映写される。

ところで、マウスカーソルを移動したときに両眼にそれぞれ入るマウスカーソルの位置に向かって、直前に入力した点から直線を引く。この直線は固定されていないが立体視により三次元空間で立体的な直線として認識される。

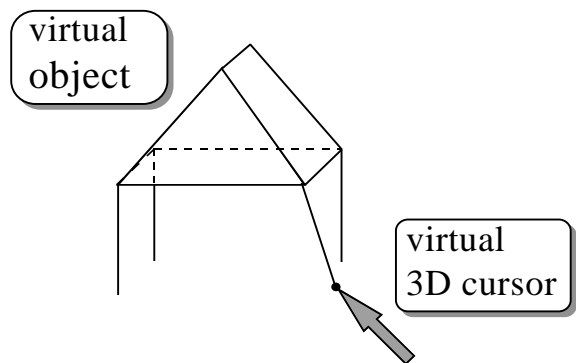


Fig.3 Synthesis of an object on assignment of a 3D coordinate by a pointing device.

#### 3.2 自動座標入力と設計・表示

一つの座標系に仮想物体を固定することにより、

座標の回転・並進移動による位置変化を同次変換行列を用いて算出することができる。パラメータとして回転角，並進距離を与えたとき，CRT画面の中央を原点とした基準座標系から三次元画像の位置が求まる。これより，任意の視点方向から見た三次元空間の仮想物体の座標とCRT画面への透視投影を求めることができる。

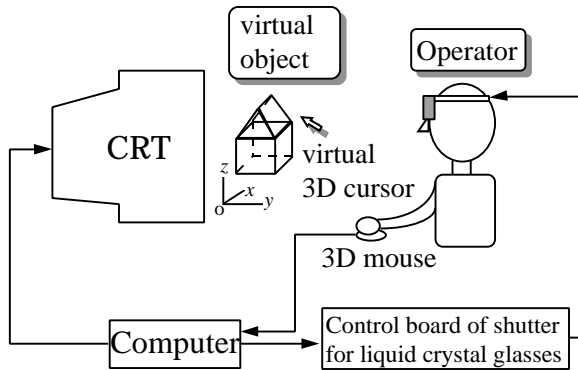


Fig.4 CAD-system for drawing of stereoscopic image.

### 3.3 座標回転と設計状況の監視

キーボードからの適当な指示により，立体図形的位置を変えながら全体の見取り図が観察できる。なお，幾何学的な検討により立体としてあり得ない形状になるときは，オペレータにその警告と修正要求を出す構造チェック機能をシステムに組み入れた。また，座標を回転させて全体の形状を確認しながら正確に作図することができる。すなわち，立体画像を回転させながら作図することにより，見えにくい場所に存在する頂点を見えやすい部分に移動し，隠れた線分を正確に接合できる。

### 3.4 立体形状の変更

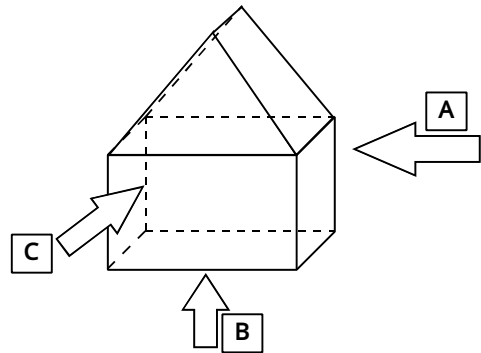
本設計システムを用いて，立体視作図している仮想物体の部分に削除の操作を施し，再構築することができる。すなわち，寸法の算出を含めた設計線の自動変更が可能である。例えば，余分な部分について，図形上に多角形の頂点を指定し，その内部に存在する部分を切り取ることができる。この場合に，新たな線分を自動的に追加することで，物体を再構築することが可能である。その様子を Fig.6 に示した。

### 3.5 部品形成のための設計図の出力

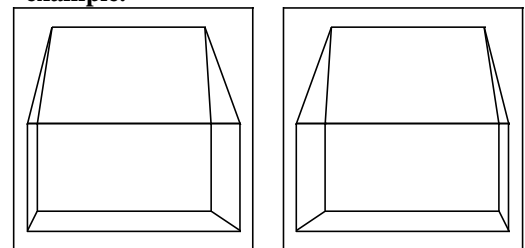
作図した立体視画像から正面図・側面図・平面図（三面図）を出力することが可能である。その際，あらかじめ縮尺を選択することにより，三面図の大きさを指定できるのみならず，寸法も自動付加することができる。

なお，各座標値から，線分ごとの長さそれぞれ

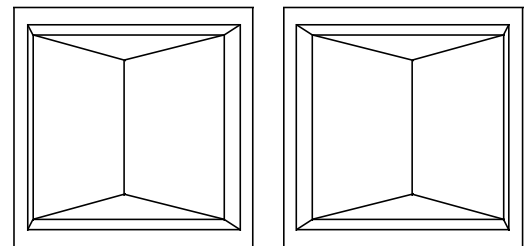
れの間角度が算出できる。これを基に，立体を構成



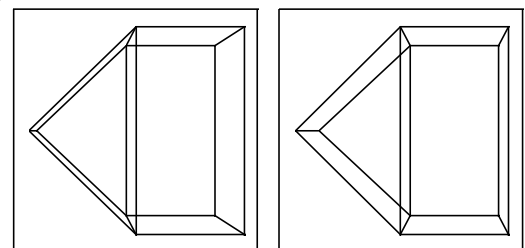
( a ) A rough sketch of the object given as an example.



( b )



( c )



( d )

Fig.5 Projection of a designed object on the CRT-plane.

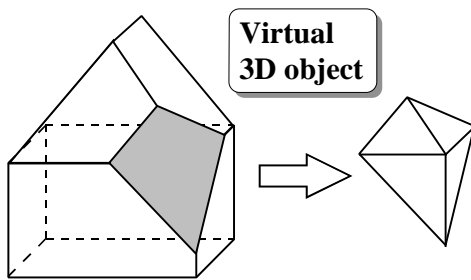


Fig.6 Partial cutting off of an object to be designed.

する厚みのある平面または単純な立体を製作可能な図面として出力する。すなわち、各基本構成部品の見取り図をつくる。立体視画像および三面図では座標軸の位置姿勢によって距離と線分のなす角度に歪みが生じるので正確に見えないことがある。この場合にも部品に分解することによって、その形状を正しく認識できるようになるので、実際の製作が容易になる。

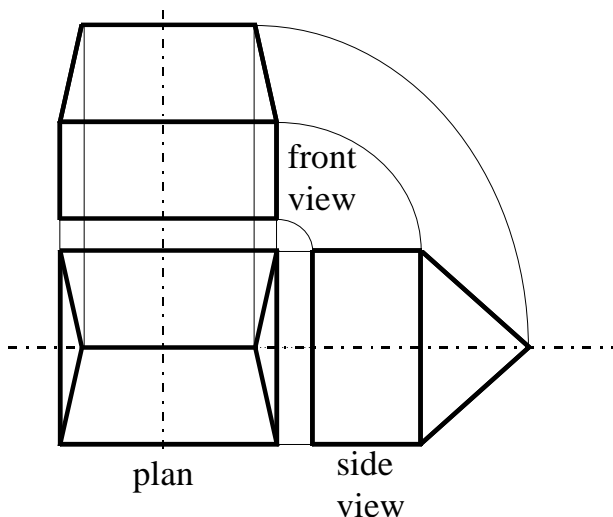


Fig.7 Three basic projections obtained from the structure of the object.

## 4. 設計システムの性能について

### 4.1 座標入力と製図機器としての性能

立体視カーソルの軌跡をそのまま両眼視差により立体表示して、座標の自動入力の様子を目で追跡しながら仮想物体の追加構築および削除などのための画像修正を実時間で行える。

仮想物体は基本的には始点と終点が明確な線分の組み合わせからなるワイヤフレームモデルで構築する。立体視マウスは任意の座標に移動可能なので、視点を一方向に固定したままで立体視画像を構築することが可能である。また、空間内の座標を選択する際に、仮想物体を回転して指定する点をオペレータの見やすい角度に移動して精密な指定が可能である。さらに、視点を指定後、

立体を回転するとマウスカーソルも同時に回転するので、反対の方向からマウスを近づけて厳密な指定をすることもできる。この他、マウスの座標の表示機能により、数値を基準にした立体作図も可能である。しかしながら、曲面画像の入力の場合についてはカーソルの先端で座標を正確に与えることが困難である。これは基本的には立体図形の直線表示に起因しており、適当な補間法を与えた立体設計の改善が必要である。

ところで、周知のことながら三次元立体をイメージしながら二次元図面を描くことは容易ではないし、二次元で設計したものが真に意図した三次元立体図形と異なる設計になる可能性も少なくない。しかし、本論文のようなワイヤフレームモデルの構築は不慣れな者でも最初から三次元立体の設計可能なので、意図したものを試行錯誤的に容易に実現できる。

### 4.2 システム稼働に関する考慮

本論文では、ワイヤフレームにより構成した三次元画像モデルによる立体視描写法を提案した。このシステムは液晶シャッターとマウス以外のすべてをソフトウェアで実現している。したがって、立体視している画像の合成とマウスカーソルの位置の描写のための計算が不可欠ゆえ、描写箇所の入力中に、液晶シャッターの開閉とそれに同期して移動させるマウスカーソルの表示をリアルタイムで実行する必要がある。座標の移動がないときには、基本的には物体の追加画像のみの合成と映写の処理が必要であるが、カーソル先端Pの位置の逐次変化を考慮しなくてはならない。

## 5. あとがき

本研究では、立体視設計システムの操作性と臨場感の向上を目的として、立体視化マウスによる座標入力デバイスを製作し設計ツールに応用した。その特性について検討した結果、ほぼ滑らかな操作が可能であること、また軌跡である入力線を即座に提示する方法により、座標入力が行えることを確認した。さらに、内外表面や内実部に色彩を施すことによって、仮想物体の立体視と設計の臨場感を増すことができることも確認した。

立体視化三次元マウスは本来解剖シミュレーションを目的とした三次元画像の立体視切離用具として開発したものであるが、これを用いた立体視設計は従来経験と熟練が必要であった機器設計の分野に専門家以外の者にもその道を開くものである。なお、このシステムでは言及しなかったが、素材が異なる層状構造の仮想物体を表示対象と考えれば、素材に依存した彩色により、材質感の実現および硬さの分布を部分的に表現可能である。

#### 参考文献

- (1)今井, 若松: 両眼視差を用いた立体視 による脳画像の三次元切除法, 電学論, 111-C, .6, 242-248 (1991).
- (2)若松,今井:抵抗感を伴う立体視画像切断システムの開発. 電学論, 113-C , 8, 627-634 (1993).
- (3)若松,安名:鉸状デバイスによる紙状立体仮想物体の切断感覚の実現システム.電学論, 116-C, 10,1163-1168 (1996).