

5K-7

MD木を用いた建築CADのための3次元表示

丸山 稔 阿部 茂

三菱電機 中央研究所

1. はじめに

近年、建築図面を計算機上で設計・修正するCADシステムの開発が進められている^[1]。これらのシステムにおいて、いったん設計した構造を、ディスプレイ上で確認したり、プロッタ出力を行ったりするためには、陰線消去機能が必要である。このためのアルゴリズムの一つに、稜線交差アルゴリズムがある^[2]。このとき、処理の高速化のためには、画面上での各物体の外接長方形同士の重なり判定等の幾何学的探索を高速に行なって稜線交差の判定対象を限定することが考えられる。本稿では幾何データの効率的な管理・検索のためデータ構造であるMD木を用いて、交差判定処理を限定するための手法について述べる。

2. MD木によるデータ管理

2-1. 管理対象データ

建築CADにおいて、土台、床、屋根などの構造を決める場合の基本構成要素は材木であり、これらは直方体である。これらの各材は、その長さ、高さ、幅によって表されるが、一般に材の幅や高さはその長さに比べて小さく、かつ、多くの場合、材は配置を決める際に用いられる座標系で各辺が座標軸と平行であるように規則的に並んでいると考えてよい。ここでは、対象物体として床や土台などのように、材を同一平面上にX、Y軸に平行な方向に配置してできる構造物を考え、これらが層状に重なっているものを考える。このような構造物の例を図1に示す。

2-2. MD木を用いた管理手法

MD木は多次元データ管理のためのデータ構造であり、1次元データの管理構造である2-3木を多次元に拡張することにより、データの分布や投入順序によらず完全平衡木を構成し、また分割領域を動的に調整

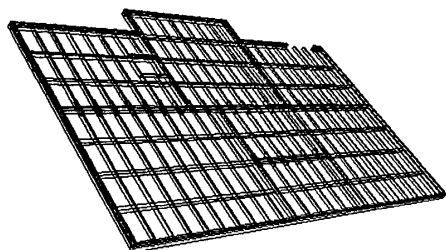


図1. 対象物体の例

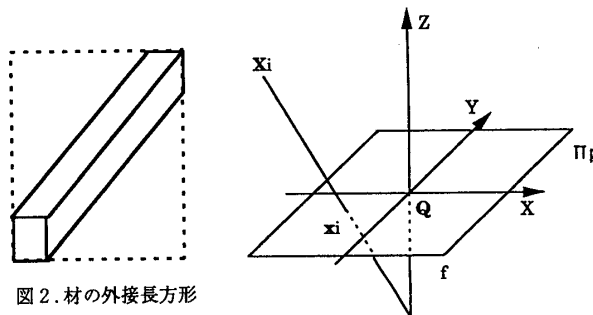


図2. 材の外接長方形

図3. 座標系

することにより、メモリ効率是最悪でも66.7% (2/3) を保証できるという特長を持つ。MD木を用いた2D図形データ管理は、管理対象である各図形要素の外接長方形を用いて行なわれる^[3]。ここでは、画面上に投影された各材の輪郭線でできる多面体を図形要素としてMD木によって管理を行なう。

3. MD木を用いた交差判定対象の限定

3-1. 外接長方形比較の際の問題点

MD木を用いることにより、画面上の各材の外接長方形同士の交差判定を高速に行なうことができる。しかし、対象とする材を視点座標系に変換して画面上に投影すると、一般に斜め方向に長い図形を生じることになる。そのため、外接長方形は大きなものになり、これを用いて得られた交差判定対象物体には無駄が多くなる(図2)。このとき、対象物体が長方形に近ければ、このような無駄は生じない。そこで、ここでは構造物の特徴を生かした座標変換を行なってMD木を構成し、外接長方形の比較演算で、できるだけ無駄な交差判定対象物体を除去することを考える。

なお、以下では材設計・配置時の座標系を Σ_0 とし、 Σ_0 における3D点列を $\{P_i\}$ 、これを視点座標系 Σ_v に変換したものを $\{X_i\}$ とし、この座標変換を回転行列 R と並進ベクトル T を用いて

$$X_i = R P_i + T \quad (1)$$

とする。また、視点座標系 Σ_v において、焦点 O 、投影面を $\Pi_p : Z = f$ とする(図3)。

3-2. 画面の回転による座標系の利用

もし、画面上の x, y 軸方向と材の方向、すなわち元の座標系 Σ_0 での X, Y 軸方向が一致している場合

には、画面上の材の外接長方形には無駄が少ないと考えられる。そこで、投影面 Π_p を視点座標系 Σ_v の Z 軸と Π_p との交点 $Q=(0,0,f)^T$ を中心に回転させ、回転後の Π_p 上に生じる図形により MD 木を構成することを考える (図 4)。回転後の Π_p 上の x、y 軸の方向と、元の座標系 Σ_0 での X、Y 軸方向が一致するためには Q の周りの回転として式 (1) の R を用いればよい。このとき、視点座標系 Σ_v での点 X_i に対応する変換後の画面上の点は、 X_i と O を Q の周りに $R^{-1}=R^T$ により回転させてできる点 V_i 、 O^* を結ぶ直線と元の Π_p との交点に等しい。 V_i, O^* は (1) より

$$O^* = (I - R^T) Q \quad (2)$$

$$V_i = P_i + R^T T + O^*$$

となるから、変換後の図形を得るのに、回転演算は必要でない。この変換により、元の座標系 Σ_0 で X、Y 軸に平行な稜線は、変換後の Π_p 上でも座標軸に平行な稜線となる。したがって、これにより MD 木を作れば、外接長方形に無駄は少なく、不要な処理を減ずることができる。図 1 の例に対してこの変換を用いた場合の画像を図 5 に示す。

3 - 3. その他の性質の利用

上に述べた方法の他にも、ここで仮定している材 (構造物) の性質を利用することにより、陰線除去のための処理を簡略化することができる。利用できる性質としては例えば次のようなものが考えられる。

- ・凸形状の利用
- ・配置の規則性の利用：仮定より、稜線の 3D 空間中での方向ベクトルは 3 種類しかない。同じ 3D 方向ベクトルを持つ稜線同士が画面上で交差することはないから、稜線をクラス分けすることにより交差判定を簡略化できる。

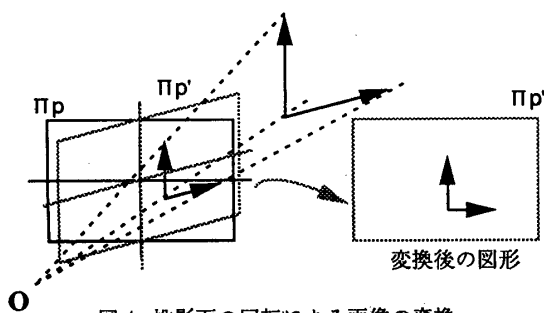


図 4. 投影面の回転による画像の変換

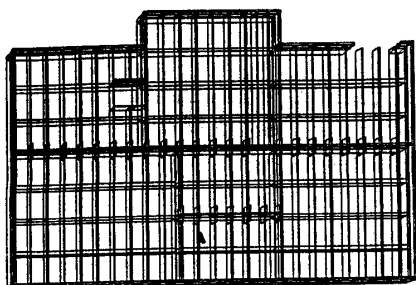


図 5 変換後の図形

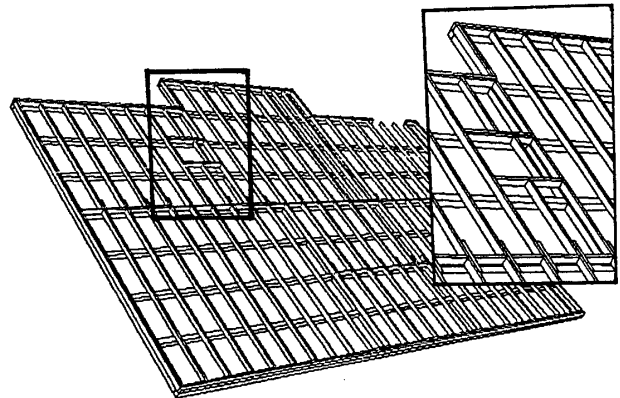


図 6 陰線消去結果

表 1. 外接長方形比較と depth test による交差可能物体数 (/ 材)

	(a)	(b)	(c)
交差可能物体数	18.6	9.5	7.6

材総数 = 211 (土台 = 28, 床 = 183)

(a): 元の図形

(b): 変換後の図形

(c): 変換後の図形 + 層状仮定使用

・層状配置の利用：層同士の位置関係により、ある層に属するどんな材も別のある層の材を画面上で隠すことはないということがわかっている場合には交差判定対象物体の数をさらに減ずることができる。

4. 実験結果

図 1 に示すような、床と土台の 2 層から成る構造物に対して本手法を適用し、交差判定対象の限定を行なった。表 1 に、各材に関する外接長方形の重なり判定により見つかった交差判定対象物の平均数を、元の図形 (図 1) で MD 木を構成した場合、式 (2) の変換を用いた場合、及びさらに 3 - 3 で述べた層状配置に基づく仮定を用いた場合の 3 つの場合について示す。また、図 6 に陰線消去処理結果を示す。

5. おわりに

MD 木を用いて、建築 CAD で多く現われる材の性質を利用して、陰線除去の高速化をはかるための方策について述べ、実験を行なった。床、土台等の層状に配置された構造物の 3D 表示に関して、本手法の有効性が確認された。

文献

- [1] 笹田、吉川、猪里：“ 計算機を用いた建築設計モデルに関する研究 ” 建築学会学術講演会 (昭 61) .
- [2] 山口：“ コンピュータディスプレイによる形状処理工学 ” 日刊工業新聞社 (昭 56)
- [3] 中村、阿部：“ 多次元データ構造とその応用 ” 信学技報 FGIS 89 - 6 (1989) .