

多層カラー図形の画面表示

苔米地 宣裕*

A Displaying Method of Multilayered Color-Graphs

Nobuhiro TOMABECHI

Abstract

This paper discusses about the displaying method of multi-layered structures on the TV pannel using color-graphs, which is useful for the computer aided designing of LSI layout. A drawing algorithm and a deleting algorithm of the overlapping pictures are proposed. The proposed method is mathematically formulated, so that it can be effectively applied to computer graphics.

1. まえがき

多くの層をなす構造物の配置設計を行なうときに、層の重なりを見易く表示する工夫が必要となる。その方法として、各層ごとに色を塗り分けるという方法がよく用いられる。LSI/VLSIのレイアウト設計は、そのよい例で、そこでは、LSIの物理的構造に対応した色を定めて表示する方法がとられている^{1,2)}。

本研究は、LSIのレイアウト設計用CADソフトウェアの作成を目的として行なわれたもので、第1段階として、色のついた図形をテレビ画面に表示する方法について基礎的考察を行なっている。この表示においては、色の重なりを適切な混合色で表示することが必要となる。また、レイアウト設計においては、作図・訂正をひんぱんに行なうので、一旦表示したあとで削除をした場合は、重なっていた部分をもとの色に戻すことが重要となる。このような色のついた図形の処理方法としては、多様な手法が考えられる³⁾。本研究では、数学的表現を特長とする一方法を提案している。数学的に厳密に表現することにより、他のコンピュータグラフィックスへの応用が容易になると考えられる。また、LSIのレイアウト設計においても、次の課題であ

昭和63年12月15日受理

* 電気工学科教授

るレイアウト設計の自動検証の基礎として、有意義と考えられる。

2. 考察する課題

L S I のレイアウト設計において取り扱われる図形は、もっぱら縦横の直線を用いて作図される。すなわち、円、曲線、斜線はほとんど用いられない。従って、本研究で扱う図形は、すべて、長方形を組み合わせて表わされるものとする。

テレビ画面の表示機能は、通常、あとで描かれた図形が先に描かれた図形を覆い隠すように構成されている。

以上の前提条件のもとで、本研究で実現すべき機能は、次の3点とする。

- a 描画：色のついた長方形を画面に描く。複数の図形が重なった部分は混合色に塗る。
- b 削除：図形を画面から削除する。重なっていた部分は残った図形の色に戻す。
- c 一括削除：同じ色で連結している図形をまとめて削除する。

3. 図形間の関係と演算の定義

色のついた長方形は、始点座標； (x_1, y_1) 、終点座標； (x_2, y_2) 、色の符号； z 、の三つのデータで表わされる。この図形を、次のように表現することにする。

$$A = B \circ X [x_1, y_1; x_2, y_2; z]$$

ただし、長方形の4個の頂点のうち、原点に最も近い頂点を、始点座標、原点から最も遠い頂点を終点座標にとることとする。このとき、次式が成り立つ。

$$x_1 < x_2$$

$$y_1 < y_2$$

色の符号 z としては、素数を割り当てることとする。ただし、 $z = 1$ は、黒レベルを表わすこととする。このとき、色の符号が z_A, z_B で表わされる二つの色を混合した色の符号 z_C は、次のように表わすことができる。

$$z_C = z_A z_B$$

以下、単に図形といえば、この色のついた長方形を指すこととする。

次に、二つの図形の関係を表わす概念として、連結、交叉、上下関係、を定義する。また、図形間の演算として、交叉演算と補色交叉演算を定義する。二つの図形を、 $A = B \circ X [x_{A1}, y_{A1}; x_{A2}, y_{A2}; z_A]$ 、 $B = B \circ X [x_{B1}, y_{B1}; x_{B2}, y_{B2}; z_B]$ とすると、各概念と演算は以下のように表現される。

a 連結

図形 A, B が次の条件を満たすとき、A と B は連結していると称する。

[条件 1]

$$\frac{(X_{B1} > X_{A2} \quad \text{OR} \quad X_{A1} > X_{B2})}{\text{AND}} \\ \frac{(Y_{B1} > Y_{A2} \quad \text{OR} \quad Y_{A1} > Y_{B2})}{\text{AND}}$$

$$Z_A = Z_B$$

b 交叉

図形 A, B が次の条件を満たすとき、A と B は交叉していると称する。

[条件 2]

$$\frac{(X_{B1} \geq X_{A2} \quad \text{OR} \quad X_{A1} \geq X_{B2})}{\text{AND}} \\ \frac{(Y_{B1} \geq Y_{A2} \quad \text{OR} \quad Y_{A1} \geq Y_{B2})}{\text{AND}}$$

図形 A, B が交叉する場合、重なった部分を新たな図形 $C = B \circ X [X_{C1}, Y_{C1}; X_{C2}, Y_{C2}; Z_C]$ とすると、この A, B から C を求める演算を、交叉演算とよび、次のように表わす。

$$C = A \cap B$$

交叉演算の具体的処理は、次のようになる。

$$X_{C1} = \text{MAX} (X_{A1}, X_{B1})$$

$$X_{C2} = \text{MIN} (X_{A2}, X_{B2})$$

$$Y_{C1} = \text{MAX} (Y_{A1}, Y_{B1})$$

$$Y_{C2} = \text{MIN} (Y_{A2}, Y_{B2})$$

$$Z_C = Z_A Z_B$$

ただし、MAX は、大きい方の数値を、MIN は小さい方の数値をとる演算を意味している。また、 $Z_A Z_B$ は、すでに述べたように、 Z_A で表わされる色と Z_B で表わされる色を混合して得られる色を表わしている。

同様にして、図形 $A \cap B$ に第 3 の図形 C が交叉して得られる図形 D は、 $D = A \cap B \cap C$ で表わすことができる。

c 上下関係

図形 $A \cap B$ は、図形 A または B の下位にあると称する。

図形 B が図形 A の下位にあるときは、次の条件が成り立つ。

[条件 3]

$$(X_{A1} < X_{B1} \quad \text{AND} \quad X_{B2} < X_{A2}) \\ \text{AND}$$

$$(Y_{A1} < Y_{B1} \quad \text{AND} \quad Y_{B2} < Y_{A2}) \\ \text{AND}$$

$$Z_B \text{ mod } Z_A = 0$$

ただし、 $(b \text{ mod } a)$ は、b を a で割った剰余を表わしている。

図形 A の下位にある図形 B から、A の色の成分を抜き取る操作を、B に対する A の補色交叉演算と呼び、次のように表わすことにする。

$$C = B \cap^* A$$

ただし、C は演算により得られる図形を表わしている。補色交叉演算の具体的処理は、次のようになる。C = B o X [X_{C1}, Y_{C1}; X_{C2}, Y_{C2}; Z_C] と表わすと、

$$X_{C1} = X_{B1}$$

$$X_{C2} = X_{B2}$$

$$Y_{C1} = Y_{B1}$$

$$Y_{C2} = Y_{B2}$$

$$Z_C = Z_B / Z_A$$

なお、 $A \cap^* A$ は座標が A と同じで、色が黒レベルの図形となる。この図形を表示することは、A を画面から消去することとなる。

4. 描画と削除のアルゴリズム

まず、作図した図形の始点座標、終点座標、色符号を記憶する登録表を用意する。登録表への登録は空いている先頭番地に行ない、検索は 0 番地から順に行なうこととする。

描画は次の手順で行なうことができる。

[アルゴリズム 1]

(手順 1-1) 一つの図形 A の作図が指示されたとき、登録表にその図を登録する。同時に、その図を画面上に表示する。

(手順 1-2) [条件 2] に従い、登録表上にその図と交叉する図がないか調べる。交叉する図 B があるときは、交叉演算を行なって重なった部分の図形 $A \cap B$ を求め、新しい図形として追加登録する。同時に、追加図形を画面上に表示する。

以上の操作によって、画面上には、まず、A が表示され、ついで $A \cap B$ が表示される。すなわち、A、B の重なった部分が混合色に表示されることとなる。A、B がすでに表示されていて、第三の図形 C を作図したとすると、登録表上に、C、 $A \cap C$ 、 $B \cap C$ 、 $A \cap B \cap C$ の順序で登録され、かつ、画面上にも、この順序で表示されていく。この作図例を図 1 に示している。

削除は次の手順で行なうことができる。

[アルゴリズム 2]

(手順 2-1) 一つの図形 A を削除する指示が与えられたとき、登録表から A を削除する。同時に、A を画面から消去する。

(手順 2-2) [条件 3] に従い、登録表上に A の下位にある図形がないか調べる。下位の図形 C があれば、その図も削除する。同時に、 $C \cap^* A$ を画面に表示する（すなわち、C から A の色を抜いた図を表示する）。

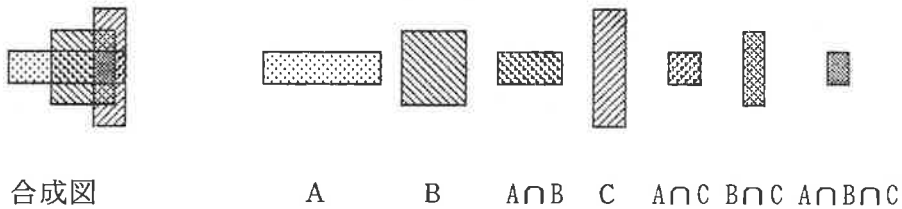


図1 交叉する図形の作図 (A, B, Cの順序の場合)

以上の手順により、二つの図形A, Bが交叉しており、図形Aを削除したとき、まずAが消去され、ついで、 $A \cap B$ の部分が、Bの色に塗り直されることになる。三つの図形の場合は、図形A, B, Cがあり、Aを削除すると、まずAが消去され、ついで、 $A \cap B$, $A \cap C$, $A \cap B \cap C$ の順序で色が塗り直されていくこととなる。

一括削除は次の手順で行なうことができる。

[アルゴリズム3]

(手順3-1) アルゴリズム2に従い、指定された図形Aの削除を行なう。

(手順3-2) [条件1]に従い、登録表上にAと連結している図形がないか調べる。連結している図形があれば、アルゴリズム2に従い、その図も削除する。

5. むすび

多層構造の表現に有用な多層の色をついた図形をテレビ画面上に表示する方法について考察を行ない、一つの方法を提案した。提案した方法は、体系的で定式化がなされているので、コンピュータグラフィックスの基礎として有用であると考えられる。なお、提案した方法に従って、表示用のプログラムを作成した結果、正常に機能することが確認できた。その結果は、「LSIのレイアウト設計用CADソフトウェア：LADY」という題で別途報告する予定である。

参考文献

- 1) C.Mead and L.Conway, "Introduction to VLSI Systems", Addison-Wesley Publishing Co. (1980).
- 2) 松山・富沢, "VLSI設計入門", 共立出版 (1983).
- 3) 山口 富士夫 "コンピュータディスプレイによる図形処理工学", 日刊工業新聞 (1981).