

EWSによるプリント基板用  
高機能アートワークシステムの開発

DEVELOPMENT OF THE ARTWORK SYSTEM FOR PRINTED  
CIRCUIT BOARD BY EWS

泉 正夫                      前田 友行                      森野 雅義                      杉尾 晃正  
Masao IZUMI                  Tomoyuki MAEDA                  Masayoshi MORINO                  Terumasa SUGIO

沖電気工業株式会社

O K I Electric Industry Co., Ltd.

あらまし      本稿では、プリント基板設計用に使用するアートワークシステムについて報告する。本システムは、基板設計の最終段階に位置する製造設計工程を支援するものであり、従来自動化が困難であったシルクマスクパターンの自動生成を可能とし、電源／アース内層パターン、レジストパターン等のアートワークデータについても自動生成を行っている。また、修正ツールとしてチェック機能の充実を図ったグラフィックエディタと、基板製造歩留りを向上させるためのパターン整形処理をEWS上で統合化したシステムである。本システムの適用により、人手作業が軽減され設計期間の短縮、設計品質の向上を行うことができる。

Abstract      This paper explains the artwork system that is used in designing printed circuit boards. The system supports the manufacturing and designing processes that are the final stages of the board design. It enables automatic generation of the silk mask pattern, which was difficult to automate in the past. Also, it enables automatic generation of artwork data, such as the layer pattern in the power source and ground and the register pattern. This system is an integration of the graphic editor that aimed to improve the checking function as a modification tool and the processing of the pattern formation to improve the yield in manufacturing boards on EWS. Using this system reduces the manual work and the time required for designing and improves the design quality.

1. はじめに

近年、プリント基板のレイアウト設計においては、部品配置、配線、設計規則検証にみられる設計自動化技術は年々進歩しており、プリント基板の設計自動化に大きく寄与している。しかし、設計の最終工程であるプリント基板の製造データを作成するアートワーク処理では、搭載部品の多様化と設計条件および製造条件の変動により、従来のホストコンピュータによるバッチ処理主体のシステム<sup>(1)(2)</sup>では、十分な対応が出来なくなっている。また、グラフィックシステム等による、図形エディタの基本コマンドを駆使したマクロコマンドを使用し、製造デ

ータの生成も行っているが、1ボードに収容される回路規模の増大、搭載部品の小型化、高集積化により、その作業は、ますます複雑化し従来の手法では、これ以上の設計期間短縮は望めず、設計品質にも大きく影響を及ぼしている。製造データ作成時におけるミスの混入は、重大な事故につながるため、人手介入を極力少なくすることと、十分なチェック機能を持たせることが必要不可欠である。

本稿では、このような問題を解決するため、アートワークデータの自動生成機能として、シルクマスクパターン、電源／アース内層パターン、レジストパターンの自動生成を行っている。

特にシルクマスクパターンの自動生成は、シルクシンボルの標準化が困難であるため、シンボル生成法の記述ルール化により自動生成を実現している。また、設計ルール及び製造ルールのリアルタイムチェック機能を有した修正用のアートワークエディタと自動パターン整形、CAMインターフェイスデータ出力を行っている。

以上の機能群をEWS上にプリント基板製造設計のトータルシステムとして開発した。

本稿では、そのシステム構成と機能概要について報告する。

## 2. システム概要

本アートワークシステムは、プリント基板設計用の総合システム<sup>(3)</sup>内に構築されている。回路設計後の基板レイアウト設計工程において、部品配置設計、配線設計、設計規則検証後の設計データを入力し、基板製造に必要なデータを出力している。出力データとしては、配線パターン等のフィルム作成に用いるフォトプロッタデータ、部品ホール・Viaホール等の穴あけに用いるNCドリルデータ、部品の自動搭載を行うためのマウンタデータ、インサーキットボードテストに使用するテストデータ、チップ

パッド上にクリームハンダの塗布に使用するメタルスクリーンデータ、またドキュメントとしては、基板組立図面及び配線パターン図面を工場に対して出力している。

図1に基板設計フローと本システムの位置付けを示す。

### 2.1 ハードウェア構成

このようなシステムは、配置、配線設計と同様に完全自動化が非常に困難であり設計者のノウハウに頼らざるを得ない部分がある。つまり操作性が良く、応答性にすぐれた、会話型グラフィック処理が必要となり、自動化機能と会話型機能の親和性が要求される。アートワーク処理では大量のデータを扱うため、レスポンスタイムのキープが問題となる。本システムではメインCPUに32ビットマイクロプロセッサを搭載し、グラフィック機能をH/W化しているグラフィックプロセッサ内蔵のEWSを採用した。図2にハードウェア構成を示す。

ホストコンピュータでは設計データ管理及びライブラリ管理を行っている。またホストコンピュータと各EWSはLANで接続されており高速データ転送が可能である。

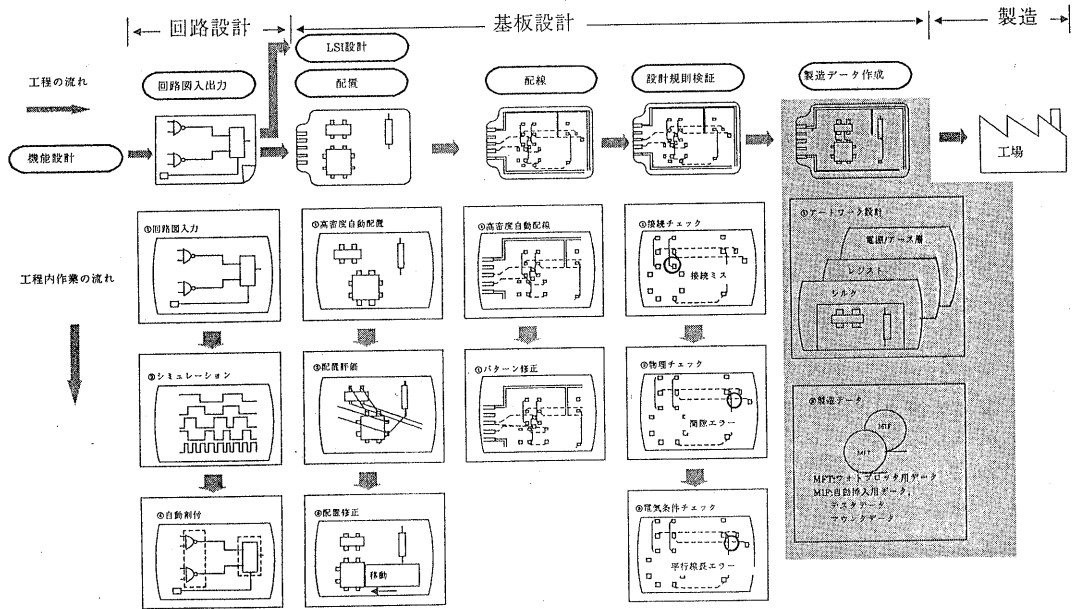
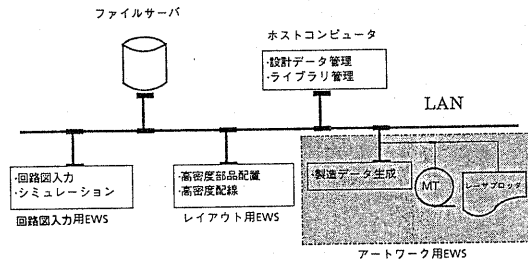


図1 基板設計フローとシステムの位置付け



- <アートワーク用EWSの基本構成>
- ①20インチカラーグラフィックディスプレイ
  - ②8Mバイトメインメモリ
  - ③171Mバイトディスク
  - ④マウス
  - ⑤磁気テープ
  - ⑥レーザープロック

図2 ハードウェア構成

## 2.2 ソフトウェア構成

図3に本システムの、ソフトウェア構成を示す。

本システムは、シルク設計、電源/アース内層設計、レジスト設計、パターン整形処理、CAMインターフェイス設計を支援するものであり、7種類のサブシステムから構成され、全てモニタから起動することができる。アートワークエディタ機能として、4種類のエディタを用意した。1つのエディタとしても作成することも可能であるが、処理項目の膨大、及び大量データによるパフォーマンスの低下が考えられるため、今回は各エディタの役割分担を明確にした。

以下に各サブシステムの概要を示す。

### (1) 自動生成サブシステム

電源/アース内層パターン、シルクマスクパターン、レジストパターンの自動生成。

### (2) ドローエディタサブシステム

30層の図形層をもち、基板形状、配線パターン、基板名称、図番、版数等のフィルム作画データの入力及び修正。

### (3) シルクエディタサブシステム

シルクマスクパターン自動生成後のシルク文字位置の変更、シルクシンボル形状の修正。

### (4) E/Vエディタサブシステム

電源/アース内層パターン自動生成後の内層クリアランス及び銅箔領域の入力、修正。

### (5) レジストエディタサブシステム

レジストパターン自動生成後のレジストクリ

アランス及びレジスト塗布領域の入力、修正。

### (6) パターン整形サブシステム

パターンパンプ、補強ランド生成及びテストパッドの自動生成。

### (7) CAMインターフェイスサブシステム

ガーバーデータ、NCドリルデータ、テストデータ、マウンタデータ等の基板製造データの出力。

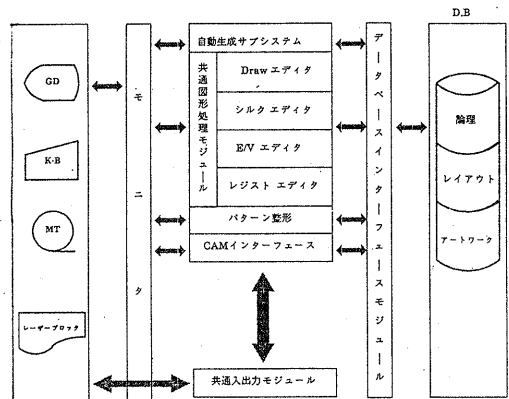


図3 ソフトウェア構成

## 3. アートワークデータの自動生成手法

### 3.1 シルクマスクパターンの生成

シルクマスクパターンは、部品配置情報である部品形状と部品名称をプリント基板の表面上に特殊な樹脂を用いて表示したものである。基板組立時の部品搭載ミスの防止と装置調整時のメンテナンスに必要な情報である。見易さを重視するが、基板の信頼性保証上、多くの制約がある。たとえば、部品ランド上にシルクマスクパターンが印刷されると、部品搭載後の半田付け処理で半田不良を起こす原因となる。また、ダイオード、コンデンサ等の方向性をもった部品では、搭載方向を間違えると部品を破損するだけでなく、電源、アースショートという致命的な事故につながるため、極性のシルク表示が必要とされる。本システムではこれらの設計製造ルールを満足したシルクマスクパターンの生成を行っている。

以下にシルクマスクパターンの生成方法について述べる。また図4にシルクマスクパターンの生成フローを示す。

### (1) シルクシンボル形状の生成

製造技術の進歩に伴い、設計製造条件が著しく変化しシルクシンボルの形状の標準化が困難なためライブラリ化が難しいのが現状である。本システムでは、シルクシンボル形状の変更に対応するため、シルクシンボル形状生成記述のルールベース化により、形状を生成している。シルクシンボルの基本形状については、全ての部品に対して形状生成ルールを作成する必要はない、つまりIC、ダイオード、コンデンサ、抵抗、SOP、QFP等の部品種別の単位に1種類存在すれば良く、部品ピン数、スパンの違いにより基本形状の大きさを変化させれば良い。形状生成ルールは、基本形状をグラフィックディスプレイで図形入力を行うことにより自動的に記述ルールに変換される。

図5に記述ルールの一例を示す。表現できる図形はline、rectangle、arc、areaの4種類である。areaは塗りつぶし領域を定義するものであり、SOP等のシンボル形状に使用される。それぞれの図形に対してはdtypeという属性を与えることができる。

dtype = 0 は+X方向の変化、dtype = 1 は+Y方向の変化、dtype = 2 は+X、+Y方向の変化。このことにより、実際の搭載部品に適したサイズのシンボル形状を生成することができる。また、fixにより、大きさが変化しない固定図形の定義が可能である。

以上のことにより、シルクシンボル形状が変更になったとしても、記述ルールのみの変更で良く、システムの改造を行うことなく対応可能である。

### (2) シルク文字の配置

図6は、シルク文字生成の説明図を示している。部品名称を示すシルク文字の配置は、従来の部品配置問題と異なり、見易さ、わかり易さが要求される。本システムではその点に着目し文字配置を行っている。シルク文字は、装置調整時に必要な情報であるため、部品搭載後も見える位置で、しかも搭載部品の部品名称が何であるかの判断がつくことが肝要である。さらに半田付け不良防止のため、Viaホールや部品ホールと重ならない位置に設定する必要がある。本システムでは、部品の近傍に上下、左右両

方向に配置可能領域(A)、(B)、(C)、(D)を矩形で設定している。配置可能領域内での文字位置の検索は、部品に近い位置、つまり領域(A)は $X_{\min}$ 、 $Y_{\max}$ から+X方向、領域(B)は $X_{\min}$ 、 $Y_{\min}$ から+X方向、領域(C)は $X_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ から+Y方向、領域(D)は $X_{\min}$ 、 $Y_{\min}$ から+Y方向に検索する。この時、Viaホール、部品ホール及びシルクシンボル形状と他のシルク文字が存在する場合、障害物として認識し、文字の配置位置を求める。また、領域(A)、(B)、(C)、(D)に文字位置検索の優先付けを行うことにより文字位置を設定している。尚、領域の範囲はシステムパラメータになっているので最適領域のチューニングが可能である。障害物により文字位置が決定できない場合は、文字サイズの縮小を行い、再度検索処理を繰り返す。サイズの縮小は2回行う。縮小しても位置が決定できない時は、図6に示す⑤の位置に仮配置する。配置可能領域を大きくして、検索範囲を拡げることにより、フリースペースを探して配置することも可能であるが、部品と文字の距離が遠くなるためシルク形状に対し部品名がわかりにくくなる。仮配置したシルク文字についてはシルクエディタにより修正を行う。詳細は4項(オートワークエディタの特徴と機能)で説明する。

次に、配置位置の決定されたシルク文字は、基板上的部品搭載方向が一定していないため、シルク文字がみにくことが多い。本システムでは、部品搭載方向に関係なく領域(A)、(B)の文字は右方向に、領域(C)、(D)の文字は上方向に表示し、シルク文字方向の統一を行っている。

### (3) シルクシンボル形状の補正

シルクシンボル形状が、部品ホールと重なると、部品挿入の妨げや、十分な半田付け処理ができない。また、SOP等の塗りつぶしにより、シンボルが形成されている箇所では、その範囲内にスルーホールが存在すると、ホール内にシルク樹脂が流れ込み、直接の原因ではないがスルーホールを腐食させることがある。いずれも電氣的条件が満足されず、装置の機能動作に障害を発生させる要因である。本システムでは、信頼性確保のため、前述の(1)で生成したシルクシンボル形状を設計/製造ルールに従い

、シンボル形状の補正を行っている。部品ホールと重なりチェックを行い、重なっている箇所は、カッティングを行う(図7)。カッティング完了後はn個のline、arcにより形状を形成しているが、1図形の長さがあらかじめ設定してある長さより短い場合その図形は削除している。塗りつぶし領域であるareaについては、area内にスルーホールが存在する場合、定められた範囲で中抜き領域を発生している。このことによりスルーホールへのシルク樹脂の流れ込みを防止している。

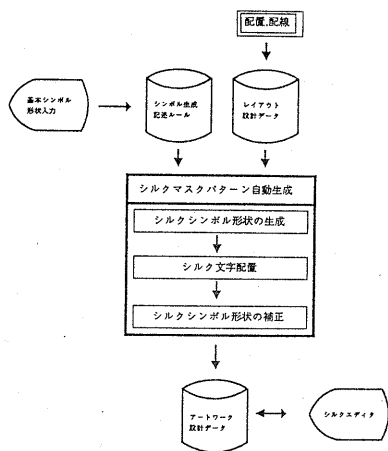


図4 シルクマスクパターン生成フロー

```
parts type:D,C:
dtype=0:
P1=(0,0):
P2=?:
line(P1),(P2):
if parts type="C" then goto 100:
fix:
offset=P2:
line(0,0),(1,0):
line(1,-1),(1,2),(3,0),(1,-1):
line(3,0),(4,0):
goto end
100: fix:
offset=P2:
line(0,0),(2,0):
line(1,-1),(1,2):
end::
```

図5 シルクシンボル生成記述ルール例

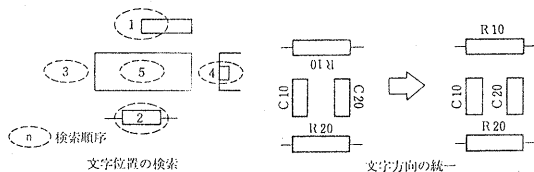
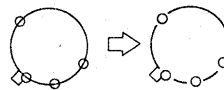


図6 シルク文字配置



部品外形カット

図7 シルクシンボル形状補正

### 3.2 電源/アース内層パターンの生成

多くの多層基板では、配線収容性向上と、ノイズ除去のため、電源/アース供給用の銅箔層を持っているのが普通である。電源層には、搭載部品の電源ピン位置に対して、電源供給用の熱抵抗ランドを、その他のピンには電源とのショートを避けるため、クリアランスを設定する。アース層についても同様に設定する。電源/アース内層設計でのミス混入は、電源・アースショートにつながるため、データの矛盾は絶対にあってはならない。本システムでは、レイアウト設計データである部品ピン情報の電気的属性を調べ、電源ピン・アースピン位置に熱抵抗ランドを自動生成している。

電源・アースピン以外のピン位置とVia位置にはクリアランスを生成している。また、部品ピン、Viaの存在しない全ての基本格子にも、クリアランスの生成が可能である。これは、配線の経路変更によるViaの追加、部品の追加、または部品搭載位置変更等の、設計変更が基板製造完了後に生じた場合、従来は配線パターン以外に、追加Viaまたは、変更部品ピンの内層クリアランス生成のため、電源/アース内層パターンも、新規に作成していた。あらかじめ、部品が搭載されていない全ての基本格子にクリアランスを生成することにより、変更のたびに内層を作成する必要がなく、最初に設計した内層パターンを流用することが可能である。変更部品への電源、アースの供給は、信号層において、他の部品ピンから配線を行うことにより供給する。以上のことにより設計変更時の内層設計工数及び、内層製造コストが削減できる。

### 3.3 レジストパターン自動生成

絶縁効果の向上と、配線パターンの保護のため、プリント基板では部品面と半田面にレジスト樹脂を塗布する。レジスト設計においても、シルクマスクパターンと同様に部品ホールとレ

ジストが重なると部品挿入障害と半田付け不良になる。チップパッドについても同様のことがいえる。また、Viaはボードテストのプローブ端子として使用されたり、ジャンパ線接続用端子にも使用されるため、レジストが塗布されないように、レジストクリアランスを本システムでは生成している。

#### 4. アートワークエディタの特徴と機能

アートワークエディタはDraw、シルク、E/V、レジストエディタから構成されるが、このような図形エディタでは、ハイレスポンスと操作性に優れていることが、常に要求される。本エディタでは、全ての図形データを幾つかのセグメントに分割し、セグメントIDを付与する。各エディタのコマンドはセグメントIDのみで図形の制御ができるため画面表示においては、対象セグメントの検索を行うことで表示ができ、従来のように大量のベクターデータを扱う必要がなくなり、図形表示の高速化が可能である。また、マウスによる図形PICKもその図形の登録されているセグメント内での検索で済み、高速にPICK図形を求めることができる。

以下に、Drawエディタ、シルクエディタ、レジストエディタ、E/Vエディタ機能について述べる。

##### (1) Drawエディタ

本エディタは、信号パターン層のフォトプロッタデータ作成に使用するエディタである。配線パターンの修正、基板形状の作成変更、及び基板名称、基板図番、版数等の銅箔文字の入力修正が主な機能である。特に配線パターンの修正はアートワーク設計段階においても、どうしてもはずすことのできない機能である。それは、回路変更、実装変更が発生すると、前工程である回路設計または、配置配線設計から再設計を行うことになり、設計工数、及び設計期間が増大してしまう。従って、アートワーク設計時においても変更折込み機能であるパターン修正が必要となる。配線修正時での間隙エラー、接続エラーを防止するため、リアルタイムチェックを行っている。リアルタイムチェックは、パターンデータの高速処理が最大のポイントである。本システムでは、図形データを、基板の全

領域に対して階層的に分割し管理を行う階層化領域分割手法<sup>(4)</sup>により実現している。

##### (2) シルクエディタ

本エディタは、シルクマスクパターン自動生成後に行うシンボル形状及び、シルク文字の修正用のエディタである。シルクエディタでは、MOVE、ADD、DEL、CUT、COPY等の基本的な図形操作の他に、シルクマスクパターン自動生成で文字の配置ができなかった文字及び、シルクシンボルが生成できなかった部品の搭載位置の高輝度表示を行っている。このことにより設計者は、修正すべき箇所が即座に認識できるため、修正作業時間を短縮することができる。またチェック機能としては、文字ぬけ、形状ぬけ、障害物との重なりチェックを行っている。

##### (3) E/Vエディタ

本エディタは、電源/アース自動生成後に行うクリアランス修正及び、銅箔領域の修正に使用するエディタである。基本的な図形処理機能のほかに同一電源層にn種の電源がある場合、銅箔領域分割用のセパレートパターンの入力修正を行う。チェック機能としてはホール情報とクリアランス情報の照合を行い電源・アースのショートチェックを行っている。

##### (4) レジストエディタ

レジストパターン自動生成後のクリアランス修正と塗布領域の修正に使用するエディタである。E/Vエディタと同様に基本的な図形処理機能のほかに、パッド、及びホール位置にクリアランスがあるかどうかの存在チェックを行っている。

#### 5. パターン整形処理

本システムでは、プリント基板の製造歩留りを向上させるため、パターンバンプおよび補強ランドの生成を行っている。

##### (1) パターンバンプ処理

バンプ処理は、配線パターンとパッドランド間の、間隙確保のため図8のようにパターンを整形させる。但し整形可能条件は次の通りである。最小導体間隙値 = G、誤差係数 = k、現在

着目しているパターンとランドの間隙値 =  $g$ 、とする。間隙値  $g$  が、 $g < G * k$  で尚かつ、 $g \geq G * k$  になるまでパターン整形を行った時に、他のパターン、ランドと間隙が保たれば整形を行う。

(2) 補強ランド生成

近年、配線パターン収容性向上のためランドレスViaの適用基板が増えている。本システムでは、ランドレスViaとの接続パターンの座切れ防止のため、補強ランドを自動生成している。(図9)

6. CAMインターフェイス

CAMインターフェイス設計は、アートワークの中の最終フェイズである。基板製造を行うために、工場に必要な製造データの出力を行っている。

製造期間、製造コスト削減のため、フォトリソ、NCボール盤、マウンタ等のCAM用マシンを如何に効率良く動作させるかが問題である。本システムでは、配線パターンのフォトリソデータにおいて、プロッタの移動距離が最小で、アパーチャ切りかえ回数が最も少なくなるように、データを出力している。NCドリルデータでは、クラスタリング手法によるドリル時間最小化アルゴリズム<sup>(5)</sup>が提案されているがCPU時間に問題があり、大型計算機には向くが、現段階でのEWSには不向きである。従って、本システムでは比較的CPU時間の短い、従来から使用されているバンドソート方式を採用している。また、シルクマスクパターン、電源/アース内層パターン、レジストクリアランスも同様の手法で出力している。

7. 適用結果

図10は、本システムによるシルクマスクパターンの適用例である。部品数512個、部品ピン数3495個、系列数692系列、パターン数10920本、基板サイズは308mm×229mmの4層板である。

また、システムテストで測定した性能について表1に示す。

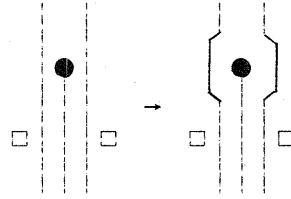


図8 パターンバンプ

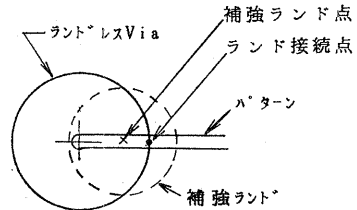


図9 補強ランド

表1 システムテストによるレスポンスタイム

|        |          |
|--------|----------|
| 画面表示   | 0.5~5.0秒 |
| 図形コマンド | 0.5~3.0秒 |
| シルク生成  | 7分       |
| E/V生成  | 5分       |
| レジスト生成 | 3分       |

8. おわりに

本稿では、EWSを利用したプリント基板の製造設計全般をサポートするアートワークシステムの構成と、自動生成手法を中心とした特徴的機能について報告した。本システムは現在システムテストを実施しているが基板設計期間の大半を占める製造設計期間の大巾短縮と、設計品質向上に十分貢献できることを確信した。

今後は、実用化に向けて機能の充実と性能向上を行っていく。また、現段階では人手介入が避けられないため、設計者のノウハウを抽出蓄積し、自動化機能に反映していく予定である。

