インクジェット工法プリンタブルデバイスの設計効率化のための CAD 技術

松澤 浩彦*

The CAD Technology for Design Efficiency of the Printable-Device by Using Inkjet Technology

Hirohiko MATSUZAWA*

* 株式会社図研 EDA 事業部 EL 開発部 (〒224-8585 横浜市都筑区荏田東 2-25-1)

* EL Division, EDA Business Unit, ZUKEN Inc. (2-25-1, Tsuzuki-ku, Yokohama 224-8585)

1. はじめに

インクジェット工法によるプリンタブルデバイスの製造技術開発が進んでいる。一方でそれに合わせた設計は未だドットマトリクス入力によるラスタデータ作成が主流になっている。

図研は創業以来 40 年の間、プリント配線板設計用 CAD を開発してきている。プリント配線板設計用 CAD の開発では図形処理技術を研究し、さまざまな CAD 技術を研んでいる。その CAD 技術の応用として、上記インクジェット工法の製造データ設計の効率化を目的として、専用 CAD を開発している。その開発の背景と CAD 技術、活用例について紹介する¹⁾。

2. 開発の背景

プリンタブルデバイスはさまざまな特徴を持ち、市場成長が期待できる技術である。以下にプリンタブルデバイスの特徴と期待について述べる。第一に、印刷製造技術として省資源である、出来上がる時間が速い(高速である)、設備が小規模、且つ低電力で済むという特徴から、環境にやさしいエコプロセスとして期待されている。第二に、デバ

イスそのものの技術として薄い、軽い、壊れない、自由な形状が可能という特徴から、使う人の利便性を向上し、新たな市場への創造が可能で商品としての価値も上がるだろうと期待されている。

その一方で実現のためには製造データ設計面の課題も多い。以下に主な課題を上げる。

2.1 インクジェット工法での工程別課題

図 1 に、現在の製造データ作成から製造装置までのデータ作成フローを示す。

元データとなるデザイン(ベクター)データの作成工程は、専用ツールが無い場合、機構系 CAD で設計されるケースが多く、図面から起こしたり、Excel ベースで作成されるケースがある。これらの元データでは電氣的なデザインルールチェック(DRC)ができないため、入力ミスが見つられず、手戻りが多くなっている。

次にラスタデータの編集工程では、高解像度のデータの場合、膨大なデータ量になり、市販のペイントツールではパフォーマンスが追いつかない。また市販のペイントツールは汎用品のため、インクジェット工法向けの専用メニュー/コマンドも存在しない。

そして装置に渡すためのラスタデータ出力工程では、

図 1. インクジェット工法でのデータ作成工程

液滴量、各種インクジェット装置の機構的な違いに対応した専用データ出力機能が無く、最適化したデータに調整することができない。そのため、時間がかかり、作業漏れ、ミスの多発を起こしてしまい、結局試作を繰り返して精度を上げなければならないという現状がある。

2.2 材料コストの課題

インクやベース基材は、各社の努力によりラインアップも充実し、選択肢は広がってきている。ただ、価格はまだまだ高価であるのが現状のため、無駄な試作は極力避けたい、というのが本音となっている。

IoTの時代を迎え、プリンタブルデバイスの特徴を活かした製品はますます増えるとみられる。参入する企業も増え、競争も激化する中、早期に結果を出すためには、これら課題の克服は必須であり、解決のための施策が求められていた。

3. インクジェット工法向け専用 CAD 技術

上記の課題解決のため、試作回数の削減と作業工数の削減を目的として専用 CAD を開発した。図 2 に専用 CAD のカバレッジを示す。

基本的には他のさまざまなデザインツールで作成されたベクターデータを読み込んで、各種専用パラメータや描画シミュレーションを実施して、最適なラスターデータを生

成し、インクジェット装置に渡すための専用ツールとして開発した。各工程別の CAD 技術と活用例を以下に示す。

3.1 ラスターデータ自動生成

簡単な操作で、さまざまなデザインツールで作成されたデザインデータ（ベクターデータ）をインポートして、そのままラスターデータを生成することができる。イメージを図 3 に示す。ファイルのドラッグ&ドロップで自動処理が行われるため、カット & トライを繰り返しても短時間で最適なラスターデータを導き出すことが可能となった。

3.2 製造装置仕様に合わせたデータ自動調整

インクジェット工法ではノズルピッチは使用する製造装置によってさまざまで、解像度調整は都度最初に戻って設定しなければならなかった。この製造装置に合わせたデータ自動調整により、本来のデザインのライン & スペースを指定しておくことで、一定間隔のパターンデータに最適なラスターデータとなるような解像度を導き出すことができるようになった。逆にインクジェット装置のノズルピッチを指定することで最低限必要な解像度を導き出すことも可能となっている。イメージを図 4 に示す。

3.3 材料仕様、加工方法に合わせたデータ自動調整

3.3.1 間引き処理

今までは液滴の重なりを考えながらデータをマニュアルで編集していたため、非常に気を使う作業になっており、

図 2. 専用 CAD のカバレッジ

図 3. ラスターデータ自動生成例

図 4. 製造装置仕様に合わせたデータ自動調整例

図 5. 各種間引きパターンを使った出力調整結果例

改版時の対応にも苦慮していた。この CAD 技術は液滴の重なりを考慮した液滴吐出間隔を自動で調整できるため、大幅な負担軽減になる。間引きパターンについては各社のノウハウ的な要素が多分にあるが、代表的なパターン 10 種類を予め CAD 側で用意して選択できるようになっている。例えば、データ全体で同じ間引きを適用するケースや、幅の狭いパターン部と面積の広いパッド部で間引きパターンを変えるケースなど個別に間引きパターンを変えることも自由に設定可能になる。図 5 に間引きパターンを使った出力調整結果の例を示す。もちろん任意の間引きパターンも予め登録することができるため、今まで実績のあるパターンを活用してデータ作成ができる。

3.3.2 エッジ整形処理

エッジ整形処理は液滴のはみ出し量を調整するため、表面処理加工の状況などを考慮して行うもので、元のベクターデータからのはみ出し量を許容値以下に制御することが可能になる。図 6 にエッジ整形処理 OFF の場合と ON の場合を比較したイメージを示す。この例では、3 つほどドットが許容値を超えているため、ON にすることでこれらのドットは出力されなくなる。また、エッジ整形処理以外で

図 6. エッジ整形処理の例（はみ出し量制御）

も、基材やインクの特性などで着弾径も変わってくるため、それらの影響も考慮することができる。

また、図 7 に解像度 1,440 dpi、エッジ整形処理 ON で、着弾径をそれぞれ 35 μm と 45 μm を比較したケースを示す。設計上の線幅 100 μm を表現するのに、35 μm では 5 ドットで 105.5 μm となるのに対して、45 μm では 4 ドットで 97.9 μm となる。着弾径 45 μm の方がより 100 μm に近似していることが分かる。このようにエッジからのはみ出し量を考慮することで最適な着弾点を実現し、高い精度でエッジのコントロールが可能となる。

3.3.3 液滴量最適化

デザイン全体の最終出力は各個片のパターンがマトリクス状にレイアウトされる。同じパターン形状が繰り返され

ることになるが、場所によっては各個片のパターンと違った描画になる場合がある。これはデザイン全体を図面の原点から一様にマトリクス化しているためで、あるポイントでは同じ状態になる場合もあれば、異なる場合も発生する。これを解決するため、同じ形状には同じ液滴量になるように自動調整する技術（液滴量最適化）を開発した。図8に例を示す。この例ではフォーカスしているパターン部の形状（ドット数）が異なっている。液滴量最適化をONにすることで同一のラスターデータを出力することができ、液滴量のムラのない最適なラスターデータの出力が可能になる。

3.3.4 歪み補正処理

プリント配線板設計における歪み補正は、基材の伸縮を考慮するために予めデータを補正することを目的としている。プリンタブルデバイスでは基材も薄く、自由な形状も

図7. エッジ整形処理の例（着弾径による仕上がり比較）

可能となるので、歪み補正処理を変形した基材へ適用できるようにした。予め補正値を計測してパラメータ化しておくことで補正データを簡単に作成することができる。

3.4 描画シミュレーション

従来、解像度、間引き処理やエッジ整形処理など各種パラメータを設定してラスターデータを出力していたが、最終的にどのような着弾イメージになるのかは、インクジェット装置で試作するしか方法が無かった。そこで描画シミュレーションを開発した。これにより試作すること無く、最適なラスターデータを導き出すことができるようになった。エッジ整形だけでなく、各種パラメータを少しずつ変えて生成した複数のラスターデータの差分を一括でチェックすることも可能にした。図9に異なる解像度の出力結果を比較し重ねあわせて表示した描画シミュレーション例、図10に着弾径を比較した例を示す。

図8. 液滴量最適化の例

図9. 描画シミュレーション例（解像度比較）

図 10. 描画シミュレーション例 (着弾径比較)

図 11. ラスターデータ直接編集例

3.5 ラスターデータ直接編集

読み込んだラスターデータの着弾ポイントを画面で確認後、直接編集・調整して出力することができるようにした。領域指定での移動、削除や追加などの編集コマンドを使用してラスターデータを直接編集することができる。例えば、読み込んだ元データが同一幅であるにも関わらず位置によって着弾数が異なり、仕上がりに影響が出そうな場合、グリッドを使ってデータ編集することで仕上がり精度を向上させることができる。図 11 に編集例を示す。

3.6 デザインデータチェック

通常的设计データ作成フローでは、機構系 CAD から DXF データなどのラスターデータでデザインデータが支給される場合が多い。しかし、そのようなデザインデータには、ラインデータが途中でずれている開ライン状態や、自己交差しているラインデータや、重複しているデータなどが含まれていることがある。これらの不備データは重なって表示されると目視で見つけることは難しい。専用 CAD ではデザインデータの状態を瞬時にチェックできるようにし

図 12. デザインデータチェック例 (開ラインの検出)

た。図 12 にインポートしたデザインデータのチェック結果を示す。この例では開ラインの検出を示している。また、目視では判別しにくいクリアランスチェックや、改版時の差分チェックもできる。

3.7 製造を考慮したデータ自動作成

ベクターデータの加工や製造を考慮したデータ作成技術について説明する。パッドやパターンなどオブジェクト毎

図 13. 輪郭データ作成例

図 14. シート面付け自動発生例

で構成されているデータから一連の輪郭データの自動抽出や、幅付きラインデータから中心軌跡を使った自動塗り潰し処理や、シート面付け自動発生などがある。図 13 に各オブジェクトで構成されたデータから一連の輪郭データを自動抽出した例を、図 14 にシート面付け自動発生例を示す。

4. おわりに

インクジェット工法向け専用 CAD について、その開発の背景と CAD 技術、活用例について紹介した。この専用 CAD を活用することにより、ラスターデータの自動生成による作業工数の削減、データの最適化および高品質化、描画シミュレーションの活用による試作回数の削減、デザインデータの効率的な作成などを実現できる。もちろんこの専用 CAD で新規にデザインデータを作成することもできるが、現状ではシンプルなデータを想定しているため新規データ作成用の CAD 技術はシュリンクして実装している。今後の製造技術の拡張を見ながら、より複雑なデータを想定した CAD 技術の拡充も検討して行く。

今後もインクジェット工法プリンタブルデバイスの設計の効率化を図り、普及に弾みをつけていきたい。

(2016.4.29- 受理)

文 献

- 1) 中嶋勇一：“プリンテッドエレクトロニクス専用 CAD による製品開発の効率化,” 第 2 回プリンテッドエレクトロニクスコンベンション (PEC Japan 2013) 講演予稿集, 2013 年 6 月

著者紹介

松澤浩彦 (まつざわ ひろひこ)

1983 年埼玉大学 理学部 物理学科卒業。同年、株式会社 図形処理技術研究所 (現：図研) 入社。論理／回路シミュレーションを活用した回路解析環境の開発、EMC 設計技術 (ベタ率や EMC ツールなど) の開発、伝送線路シミュレーションを活用した解析環境の開発、部品内蔵基板設計環境の開発、次世代実装技術設計環境の開発に従事。