

電子部品装着機における最適化アルゴリズムの研究

山田 剛史

(東京農工大学大学院工学教育部情報コミュニケーション工学専攻 現所属・同大学院工学教育部電子情報工学専攻)
指導教員 中森真理雄 教授

1. はじめに

本論文では、電子部品装着機の動作を最適化するアルゴリズムを提案する。部品装着機とはプリント基板に部品を自動的に装着する機械である。部品装着機内にはノズルと呼ばれる腕を複数持つヘッドがあり、このヘッドが部品の装着を行う。この部品装着機のヘッドによる基板生産の主要動作は次の二つである。

- ・部品供給部上でヘッドが部品を吸着
- ・基板上でヘッドが部品を装着

ヘッドが全ての部品を装着し終わるまで、上記の作業を繰り返し行う。その際に基板上における部品の装着の順序、また部品供給部上における各部品の配置および吸着の順序によって1枚あたりの基板の生産時間が大幅に異なる。部品装着機において最適化すべき箇所は複数あり、それらは互いに影響を及ぼしあう。従来、部品装着機の動作最適化においては、部品装着順序の問題を巡回セールスマン問題に帰着させて解く手法が主流であった。しかし、装着順序以外の決定項目に対しては未解決であった。本論文では、部品装着機における問題の解析および、それらに対するアルゴリズムを提案する。

2. 多機能部品装着機

電子部品装着機にはさまざまな種類が存在する。ここでは複雑な機構を持つ多機能部品装着機（以下、多機能機）を扱う。

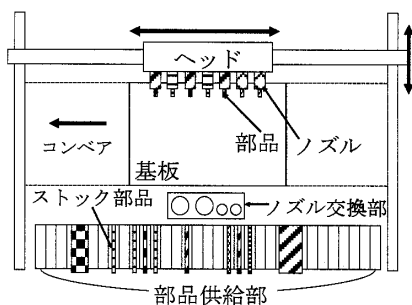


図1 多機能部品装着機

多機能機はヘッド、部品を吸着するノズル、部品をストックする部品供給部、ヘッドに付随するノズルを交換するためのノズル交換部で構成されている。この機械の動作は部品の吸着、ノズルの交換、部品の装着の3つに分類される。それらの動作にはさまざまな問題が付随する。

部品配置決定問題および部品吸着順序問題 部品の吸着動作はヘッドが部品供給部上に移動し、付随するノズルが部品を吸着する動作である。その際に、各部品種類には吸着可能ノズルが設定されており、対応している吸着可能ノズルでないと吸着することができない。ヘッドには複数本のノズルを取り付けることができ、それら複数のノズルと部品供給部の部品の位置が合えば、複数部品の同時吸着が可能となっている。この同時吸着を効率良く行うことにより吸着回数を減少させることができる。吸着回数を最小にする部品供給部の部品の配置、および吸着順序を求める問題が部品配置問題および部品吸着順序問題である。

ノズル配置問題 部品を吸着する際に、ヘッドに付随するノズルでは吸着不可能部品が存在する場合、ノズルを交換する必要がある。その際に、ノズル交換部に移動しノズルを自動的に交換する。ノズル交換部にはさまざまなノズルをストック可能で、指定のノズルを切り離し、取り付けする際にヘッド上の指定ノズルとノズル交換部の指定ノズルの位置が複数合えば複数ノズルの同時交換が可能となる。この同時交換を効率良く行うことにより、ノズルの交換回数を減少させることができる。ノズル交換回数を最小にするノズル交換部のノズルの配置を求める問題がノズル配置問題である。

部品装着順序問題 部品を吸着した後、その部品を基板上の決められた装着点に装着する。ここで、部品の装着の順序によっては、ヘッド（アーム）の移動距離が大きく異なる。このヘッドの移動距離を最小にする部品の装着順序を求める問題が部品装着順序問題である。

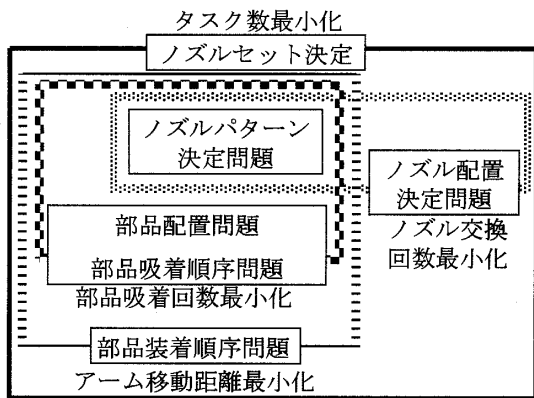


図2 多機能機の問題の構造

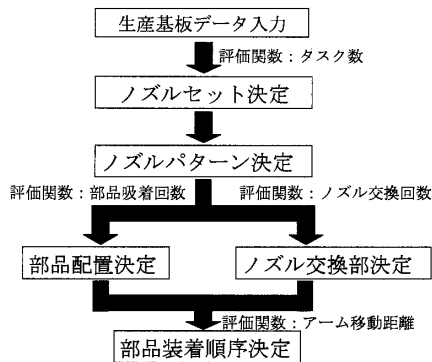


図3 アルゴリズムの流れ

ノズルセット決定問題 多機能機では部品の吸着、部品の装着を交互に繰り返す。この基板上と部品供給部の往復をタスクと呼ぶ。各タスクにおいて、どのノズルをヘッド上で何本使うかによってタスク数が変わってくる。各タスクで使用するノズルの集合をノズルセットと呼ぶ。同種類のノズルをヘッド上で使うとタスク数が増えるが、さまざまな種類のノズルを満遍なく使うことによりタスク数は減少する。このタスク数を最小にするノズルセットを求める問題がノズルセット決定問題である。

ノズルパターン決定問題 ノズルセットは各タスクで何本使用するか、といったものである。それらはヘッド上のどの位置で使用するかまでは定義されていない。使用する位置を求める問題がノズルパターン決定問題である。ノズルパターンの決定は部品配置、吸着順序、ノズル配置、装着順序に影響を及ぼす。

これらの問題は図3のような関係になっている。

3. 解法のアプローチ

本問題に対して、全ての項目を同時に決定するのは困難である。したがって、独立な問題として前節で定

表1 部品配置、吸着順序問題の結果 (吸着回数比較)

No	既存手法	提案手法
1	133	71
2	135	82
3	140	114
4	61	52
5	113	94

義したように各問題を分割し、それぞれに対してヒューリスティックな解法を用いて解いていく (図3)。各問題に対して初期解を独自に構築し、局所探索法を行う。

ある問題に対して、局所解に陥ったら次の問題にステップを進める。なお、ノズルパターン決定の際には部品配置やノズル交換部のノズル配置の両方を考慮した解構築法を設計した。その手法によりノズルパターンを構築し、その上で部品配置やノズル交換部のノズル配置を求めていく。

4. 結果例

各問題に適応した手法自体の精度を調べるために、問題ごとに実験を行った。表1は部品配置、吸着順序問題に対する現場の手法と提案手法の比較結果の一部である (No は対象基板の番号)。

全てのデータにおいて既存手法を上回る結果が得られた。部品配置問題だけでなく、他の問題に対しても同様に既存手法よりも良い解を得ることができた。

5. まとめ

多機能部品装着機において、各問題に対するヒューリスティックなアルゴリズムを提案した。各手法そのもの自体は、精度が良い解を得ることができるアルゴリズムである。しかし、各問題における最適解を組み合わせることが、全体の最適解になるわけではない。本論文ではヒューリスティックな手法を用いたために、最適解まではまだ遠いと思われる。今後、さらなる解の精度向上が望まれる。

また、本論文では1台の部品装着機における問題に対して取り組んだが、実際の生産現場においては複数台用いた場合におけるラインバランシングや他の問題の解決も望まれている。1台の最適化だけでなく、複数台の使用を考慮した場合でのアルゴリズムの設計が必要である。