

第4章

自己組織的構成法による設備レイ アウト計画

第4章

自己組織的構成法による設備レイアウト計画

4.1 緒言

本章では，2章で説明した生産システムの自己組織的構成法を，生産システムの設備レイアウト計画に適用することを提案する。

4.2節では，まずこれまでの生産システムレイアウト計画手法についてまとめた後，これらの問題点を指摘し，自己組織化を用いた設備レイアウト計画手法について説明する。

4.3節では，提案手法の有効性を確認するため，大規模かつ複雑な生産システムの1つである半導体生産システムの設備レイアウト計画を対象に，モデル化を行う。

4.4節では，提案モデルを利用し，単品種半導体生産システムを対象として計算機実験を行う。さらに，現場エンジニアの作成した設備レイアウトとの比較実験を行い提案手法の有効性を確認する。

4.5節では，提案手法を多品種半導体生産システムにも適用し，計算機実験を行う。単品種生産の場合と同様，現場エンジニアの作成した設備レイアウトとの比較実験を行っている。

4.6節では比較実験に関する考察を述べ，最後に4.7節で本章をまとめる。

4.2 設備レイアウトへの自己組織化の適用

4.2.1 設備レイアウト計画手法の動向

製造フロアにおける設備レイアウト計画は、生産システムにおける高生産性と低生産コストの両立を目指す上で、最も重要かつ困難な問題の1つである。近年の生産システムを取り巻く環境の複雑化により、生産システムを構成する要素もその種類・数が増大する傾向にあり、製造フロアにおける設備レイアウト計画もますます困難なものとなっている。

設備レイアウト計画を行うには主種の手続きがあるが、いずれも最適性を保証できる場合は少なく、最良案を求めるヒューリスティックな手続きが多い [68]。最も良く用いられ実用的といわれるのは、MutherによるSLP (Systematic Layout Planning) 法 [69], [70] である。SLPでは、1. ものの流れの from-to をもとに各設備間の近接度を決定する。2. 近接度をもとに Activity Relationship Chart と呼ばれる図を作成する。3. 各設備に必要な面積を決定する。4. Activity Relationship Chart と設備面積を組み合わせ、Space Relationship diagram を作成する。5. 他の制約条件を加味し、代替案を複数作成する。6. 代替案の中から設備レイアウトを選択する。という手順がとられる。

SLPは現在も設備レイアウト計画を作成するときに用いられる方法ではあるが、大規模なシステムでは、製品の From-to をもとに作成される Activity Relationship Chart が大きくなりすぎ作成が困難となるなどの問題がある。

一方で、OR (Operations Research) 手法の発展により、製造フロアを格子状に区切り離散化し、そこへ設備を当てはめていくという組み合わせ最適化問題として設備レイアウト計画を行う手法もよく用いられるようになってきている。特に近年のメタヒューリスティクス [49] 手法の発展により、製造フロアの設備レイアウト計画をはじめ、種々のレイアウト計画のような比較的大規模な組み合わせ最適化問題も効率よく解けることが報告されており、中でも GA を使った研究が数多く見られる [71], [72], [73]。

メタヒューリスティクスによるアプローチは、実工場レベルの設備レイアウト問題も解くことが可能であるが、組み合わせ最適化問題のフレー

ム内で設備レイアウト計画を取り扱う場合、製造品種が安定し、かつ利用設備が変わらないなど、静的な目的関数を仮定する必要がある。しかし、近年の実工場においてはそれらの仮定を設けることには無理があるのは明白であり、問題フレームの拡張が望まれている。そこで、近年 DFLP (Dynamic Facility Layout Problem) の研究フレームの中で、複数期に渡り生産条件に変化のある条件下での設備レイアウト計画問題が研究されるようになってきている [74], [75], [76]。しかし DFLP においても、実工場のような大規模問題に適用された例はまだ少なく、実工場レベルの問題を解決する手法の開発が待たれる。

以上のような状況のため、大規模かつ複雑な生産システムにおける設備レイアウト計画は、熟練者の経験と勘に頼り、経験的に決定されている場合が多いのが現状である。

4.2.2 設備レイアウトの自己組織的構成法

本節では、既存の設備レイアウト計画法では取り扱うことの困難な大規模かつ複雑な生産システムレイアウトの自己組織的構成法に関して述べる。

ポテンシャル場を利用した自己組織化手法を設備レイアウト計画に適用する場合、基本的な手法は前節までの自己組織化手法と同様であるが、以下の変更を加える。すなわち、生産能力を持つ機械と生産要求を持つ AGV がポテンシャル場を介した相互作用を行う際、AGV だけではなくポテンシャル場を生成する機械もその反作用力を感じ、機械も AGV の方向へと移動するようにモデル化する。この機械の動きにより生産の進捗に従いレイアウトが徐々に変化し、新たなレイアウトが得られることとなる。つまり、製品が実際に製造フロアを流れた結果として、製品の製造プロセスを反映したレイアウトが創出することとなる。以上のレイアウトの創出過程を Fig. 4.1 に示す。

従来、設備レイアウト計画とスケジューリングは別個に扱われてきた。しかし、設備レイアウト計画にはスケジュールが前提条件として必要であるし、またスケジューリングにはレイアウトが制約として影響が及ぶ。

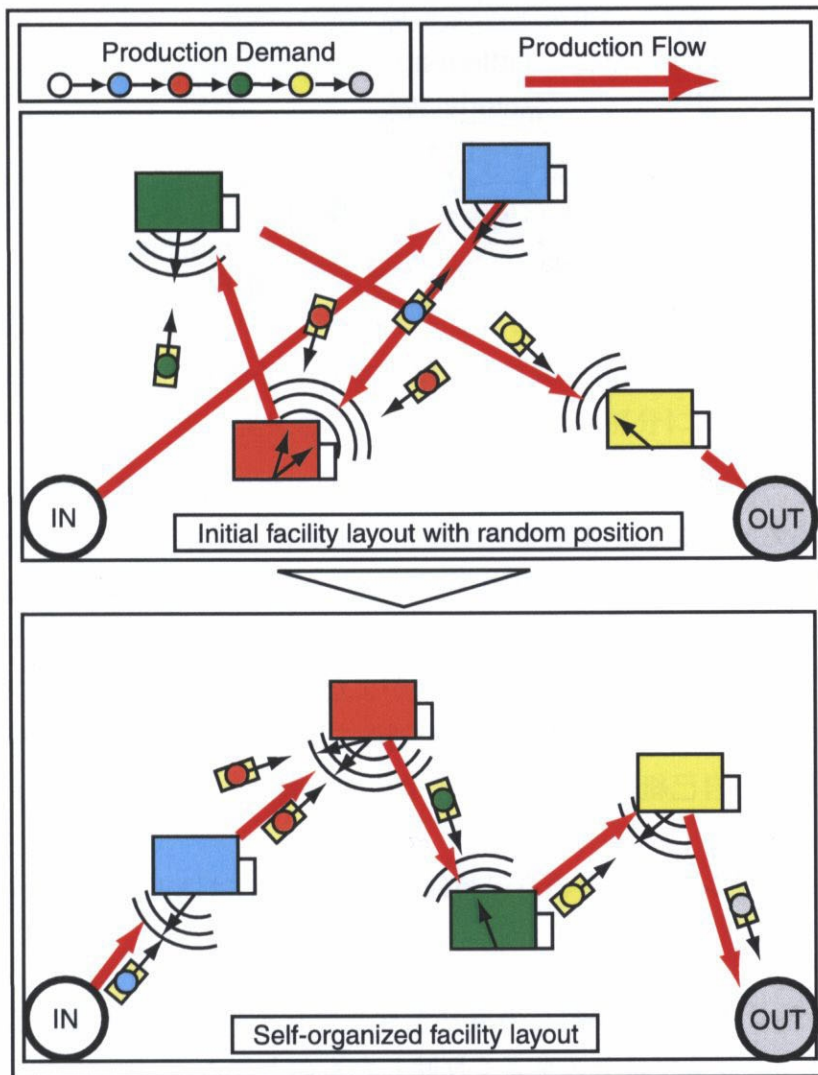


Fig. 4.1: 設備配置自己組織化過程の概要

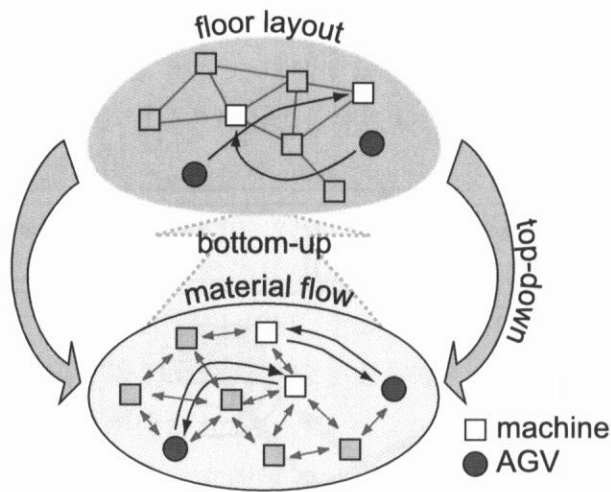


Fig. 4.2: 製品の流れを反映したレイアウト作成手法

そのため、本来両計画は同時に議論されるべきであると考えられる。提案手法であるポテンシャル場を介した自己組織化を用いると、これら二つの問題を同時に扱うことができる。すなわち、生産要求と生産能力の局所的適合によって生じる製品の流れによってレイアウトが変化し（ボトムアップ）、その変化したレイアウトがまた製品の流れへと影響するため（トップダウン）、時間および空間的制御を同時に解決することが可能となる。以上の自己組織化によるレイアウトと製品の流れの関係を Fig. 4.2 に示す。

以上の設備レイアウトの自己組織的構成方法には以下のような特徴がある。

1. 設備レイアウトが製品の流れをもとにレイアウトが生成するため、製品の製造プロセスをよく反映したものとなる。
2. 設備レイアウトが生産要求の変動などを反映可能である。生産要求が変化すれば、投入される製品の種類・量が変化するため、それに従いレイアウトも変化する。
3. 種々の制約条件を考慮することが可能である。例えば、機械の故障やメンテナンスなど、組合せ最適化問題において考慮することが困

難な制約をモデル化し、機械モデルへと導入することにより、設備レイアウトにそれらの制約を取り込むことができる。

提案手法のこれらの特徴は自己組織化するレイアウトの最適性を保証するものではない。しかしながら、システムの規模や変動を含む問題など、そもそも最適化が困難な問題へも比較的容易に適用できるという点で、有効性があると考えられる。

提案手法はレイアウト生成および生成レイアウトの評価という2つの部分からなる。第1部は、機械の初期配置をランダムに並べ、自己組織化により機械を動かしてレイアウトを生成する部分である。そして第2部は、生成されたレイアウトに機械を固定し、自己組織化によって生産過程を評価する過程である。

以下の節において、実工場のデータを用いて两部分に関して詳細に述べる。

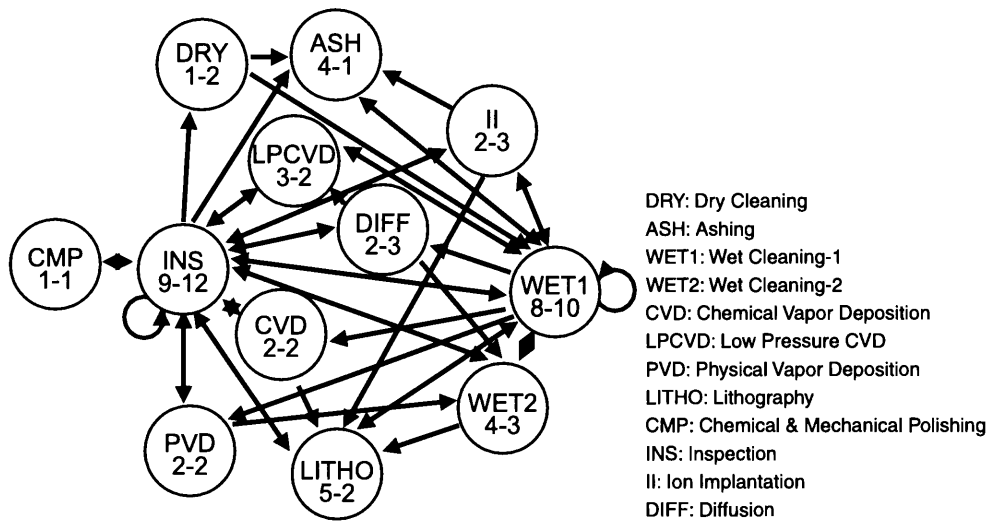


Fig. 4.4: 工程間の複雑な入力関係

は各工程への＜入力－出力＞の数を表している。図より、工程間の複雑な製品の入出力関係が分かるだけでなく、再帰的なループも確認できる。

以上のような特徴があるため、たとえ1種類だけの製品を製造する場合においても、その過程は複雑なものとなる。さらに、近年の半導体市場は変動が激しく、製造品種数と生産量の変動する傾向にあるため、半導体生産システムの複雑さはますます増大している。よって、それらを考慮した設備レイアウト計画も必然的に難易度の高いものとなる。実際の半導体製造現場においては、熟練者によって経験的に設備レイアウトが決定されているという現状がある。

4.3.2 生産要素のモデル化

実データに基づき半導体生産システムの各生産要素を以下のようにモデル化した。

製品

投入される製品は、実工場プロセスデータを利用し、約200工程を要する半導体製品（シリコンウェハ）とした。数十枚の製品を1ロットにと

りまとめ、一定時間ごとに製品投入口よりフロア内に投入する。製品は自身の必要とする加工とその順序を認識しており、次工程の生産要求をAGVに伝達することで生産が進行する点は、2章のモデルと同様である。

AGV

2章のモデルと同様、AGVは同時に1製品だけ搭載が可能で、複数の場を感知することが可能である。製品が搭載されているときは、その製品の加工要求を満たす場の生成源に向かい、搭載されていない時には、加工終了後の製品を持つ機械の場を感知し移動する。また製品の加工要求を満たす場を感知できないときは、フロア上に配置されるストッカに移動し製品を一時ストックする。

機械

フロア内の機械は、処理可能な工程により以下に示す9種類の工程区分に大きく分類できる。

- 湿式洗浄工程 (wet cleaning)
- 乾式洗浄工程 (dry cleaning)
- アッシング工程 (ashing)
- リソグラフィー工程 (lithography)
- 化学気相成長工程 (chemical vapor deposition)
- 物理気相成長工程 (physical vapor deposition)
- イオン注入工程 (ion implantation)
- 拡散工程 (diffusion)
- 検査工程 (inspection)

また機械は、処理に要する時間に相違があるためにバッチ処理を行い、そのバッチ組の方法により次の3種類に分類可能である。

1. 1入力1出力

- 1ロットだけで処理を開始する。

2. 2ロット独立バッチ

- 2ロットを同時に処理可能で、1ロットずつ別々に入出力をし、処理を行うことができる。

3. 2ロット同時バッチ(単一層)

- 2ロット到着してから同時に処理を開始する。

以上のような機械において、実工場での実績データをもとに、確率を用いて故障をモデル化した。また、同様に実績データを用いて機械のメンテナンスもモデル化している。故障やメンテナンス中は処理を行うことができず、引力場も発生しないものとした。

製品投入口・搬出口

製品投入口と搬出口はフロア内に存在する。モデルは基本的に2章と同様である。

ストッカ

半導体生産における各工程は、その処理時間に大きな差異が存在する。あるものは10分程度で作業が終わるが、長い工程になると数時間かかる物もある。そのため、フロア上に仕掛品を一時的に保存するストッカもモデル化した。ストッカはAGVから一時的に製品を受け取り、製品の加工要求を満たす場がフロア内に発生すれば、空のAGVに対して引力場を発生し、製品を受け渡す。またストッカーの容量の制限は無いものとした。

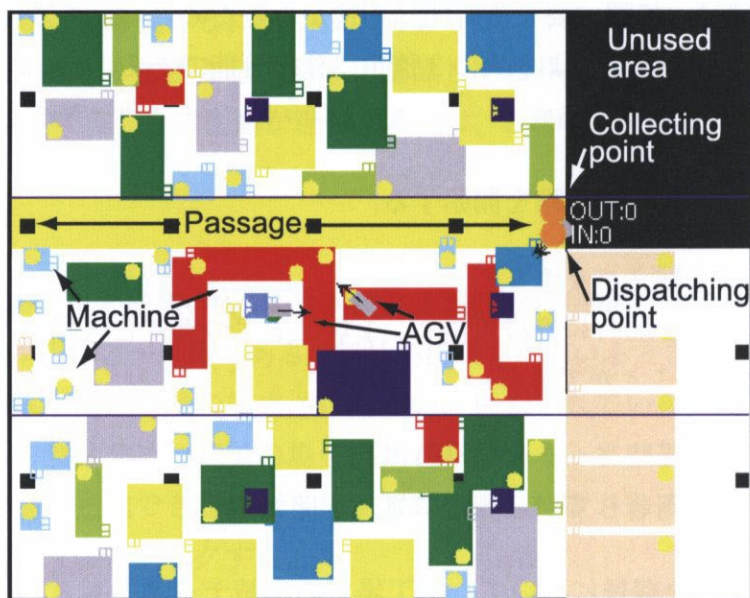


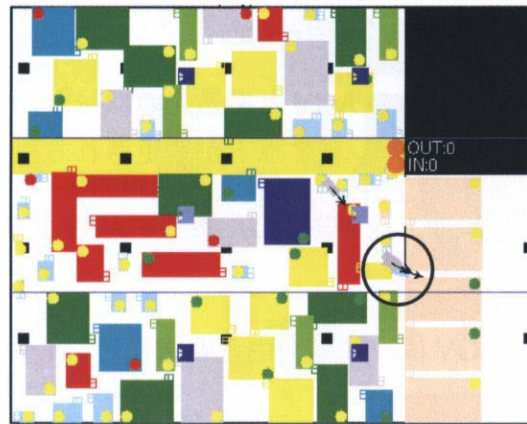
Fig. 4.5: 対象とした半導体製造フロアの初期状態

4.4 単品種半導体生産システムにおける実験結果と考察

4.4.1 実験設定

前節において構築した生産要素のモデルを利用して計算機実験を行った。実験の対象としたのは、機械約 80 台、AGV4 台からなる半導体製造フロアである。投入される製品は、一品種で約 200 の工程からなる生産要求を持ち、フロア中央右側に設けられた製品投入口から製造フロアに投入される。すべての工程が終了した製品は、同じくフロア中央右側の製品回収口より回収される。初期状態では、すべての機械はランダムに配置される。

Fig. 4.5 は、対象とした製造フロアの初期状態を表している。各機械は工程の種類により色分けして表示している。また、フロア右側上方には未使用エリアがあり（黒色で表現している）、さらにフロア右側下方には制約から配置を固定した機械もある。フロア中央部分には、通路となるスペースも設けられている。



(a) 製品を装置からアンロード



(b) AGV と機械の移動



(c) 機械への製品のロード

Fig. 4.6: 機械と AGV の相互作用による機械座標の変化

4.4.2 レイアウトの自己組織化過程

Fig. 4.6 は、製品を搬送中の AGV と搬送先の機械との相互作用の結果、製品搬送中に機械が移動し、レイアウトが変更される様子を表している。

1. フロア右方の機械で工程が終了した製品を AGV が機械からアンロード (Fig. 4.6(a)) .
2. 製品を載せた AGV は、製品の生産要求に対応した引力場を感じて機械へと移動.
3. AGV の移動と同時に機械も AGV へと移動することにより、レイアウトが変更 (Fig. 4.6(b)) .
4. AGV が機械へと到着し、製品を機械へとロード (Fig. 4.6(c)) .

以上の様な AGV による製品搬送中に機械が移動した結果、動的にレイアウトが変更されていき、最終的に新たな設備レイアウトが自己組織化する。

Fig. 4.7 は、自己組織化によって獲得した設備レイアウトを表している。

計算機実験の結果、Fig. 4.5 のように設備レイアウトは初期配置がランダムであるにも関わらず、得られるレイアウトには機械が同心円状に整列するという傾向があることを確認した (図中に破線で示した)。これは、処理時間が短く、アクセス頻度の高い検査工程に代表される機械 (図中では水色で表現) がフロア中心部に集まり、処理時間が長く、アクセス頻度の低い熱処理関係に代表される機械 (図中では黄色で表現) がフロアの端に集まるといった傾向であることを確認した。

また、いくつかの機械がフロア右側下方に固定されているという制約条件があるために、獲得したレイアウトにはその影響も含まれていることを確認した。すなわち、固定された機械とプロセスフローにおいて前後関係にある装置が、固定機械のすぐ近くへと配置されていた。

以上の結果は、自己組織化によって創出した設備レイアウトが、製品および設備の構成を良く反映しており、さらにフロア上の制約条件も反映した物となることを示している。製品の流れを利用してレイアウトを作成する提案手法の特徴が良くあらわれている。

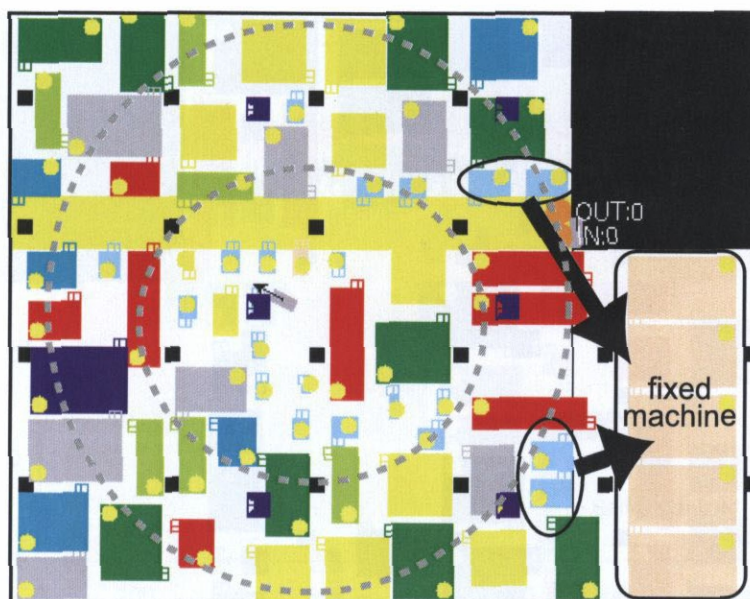


Fig. 4.7: 生成した半導体生産システムレイアウト

4.4.3 熟練者による設備レイアウトとの比較

実験設定

前節で得られた設備レイアウトの有効性を確認するため、熟練者によって設計された既存の設備レイアウトとの比較実験を行った Fig. 4.8 に熟練者による既存の設備レイアウトを示す。

両条件ともにそれぞれレイアウトは固定とし、3章で述べた自己組織化を用いたリアルタイムスケジューリング手法により生産を行い、その評価を行った。各条件において、実験期間は6か月の計算機実験を行い、後半3か月の結果を比較に用いた。各実験結果は、10回の実験の平均を用いている。

比較の評価指標は製品の動線長さである。また、生産性に関する評価指標として、TAT (Turn Around Time)、スループット、WIP (WorkIn Process) 数を用いた。自己組織化により生成する設備レイアウトの目標は、短動線および高生産性を達成することである。

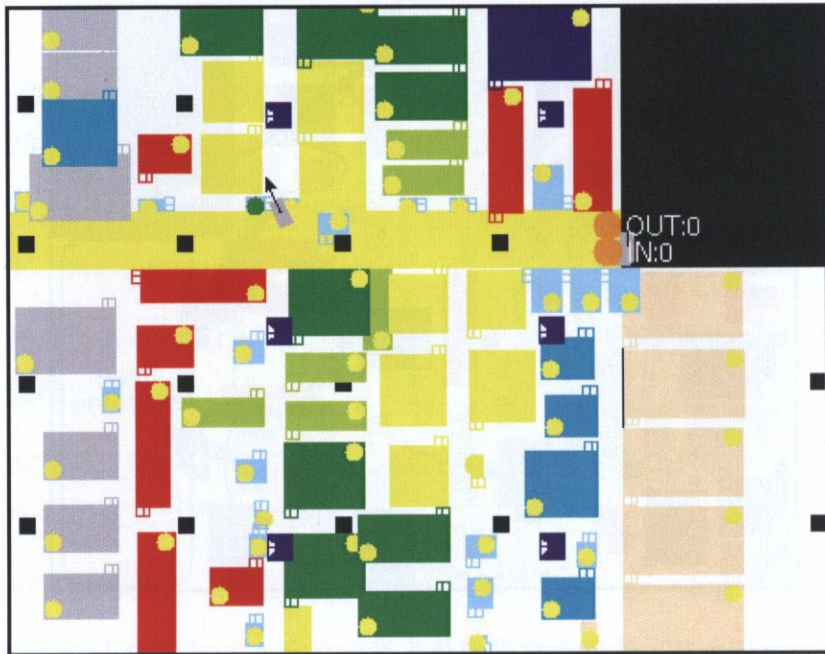


Fig. 4.8: 熟練者による既存の設備レイアウト

動線に関する比較

評価指標である各製品の動線距離は、コスト的視点から動線が短いほど良いレイアウトといえる。

Fig 4.9 はシミュレーション開始から 800 番目の製品が排出されるまでの、各製品の動線長さの変遷をあらわしている。図より、既存のレイアウトに比べ、自己組織化によって生成されたレイアウトの方が動線長さが短くなっていることが確認できる。

図中グラフが振動している、すなわち各製品によって動線が異なるのは、フロア上には工程によっては代替機械が存在し、製品によって巡る機械が同一にはならないためであると考えられる。また、各機械は故障とメンテナンスのモデル化をしているため、各条件の確率に従い停止し、代替機械の台数が実験期間を通じて変化し続けることも、各製品の動線に分散が含まれる理由であると考えられる。なお、自己組織化によるレイアウトは、既存のレイアウトより、動線の標準偏差も小さいことを確認した。

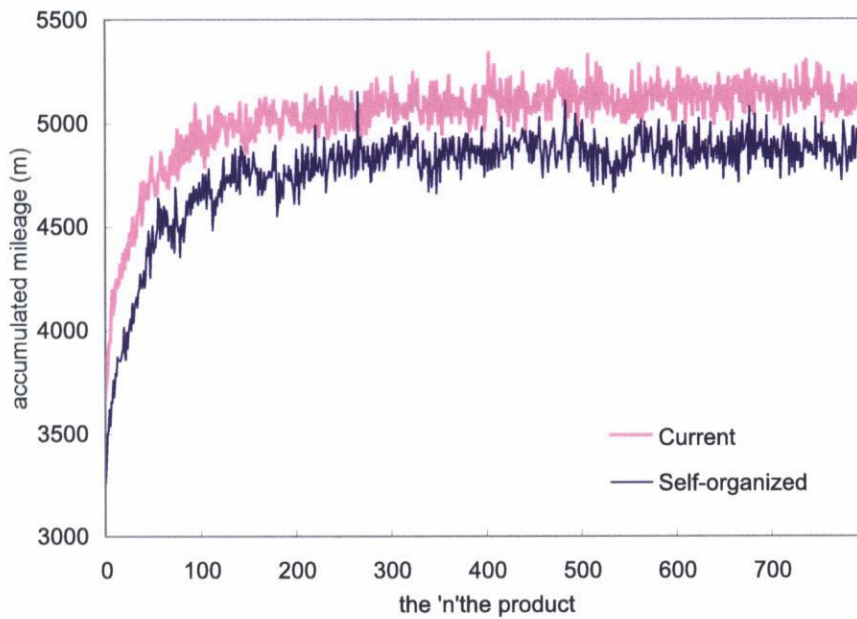


Fig. 4.9: 実験期間中における動線の変遷

生産性に関する比較

生産性に関する比較として、TAT、スループット、WIP数に関して比較を行った。Table 4.1は、各評価指標に関する実験結果を示している。

TATは、短ければ短いほど高生産性が実現できており、良いレイアウトと言える。表から分かるように、自己組織化によるレイアウト自己組織化によるレイアウトは、熟練者によるレイアウトと同等、あるいはそれ以上の性能を示している。

Table 4.1: TAT・スループット・WIPに関する比較

	自己組織化レイアウト	熟練者によるレイアウト
動線 (m)	4712.5	5126.2
TAT(day)	16.53	16.55
スループット (個)	5.96	5.91
WIP(個)	100.2	100.4

スループットは、生産性の観点から、高い方が良いレイアウトといえる。表より、自己組織化によるレイアウトは、熟練者によるレイアウトと同等の性能を示していることがわかる。詳細にみれば、自己組織化によるレイアウトの方が高い値を示している。

WIP数は、フロア上の仕掛在庫を減らすという意味で小さい方が良い。また、WIPが大きくなりすぎるということは、フロア上で仕掛品が多く存在することを意味し、生産性の観点からも望ましくない。実験結果では、自己組織化によるレイアウトは、熟練者によるレイアウトと同等、詳細にみれば若干小さな値を獲得している。

4.4.4 レイアウトへの初期値の影響度検証

設備レイアウトの自己組織的構成法では、レイアウトを作成する際に、初期状態において設備レイアウトをランダムに配置してからレイアウトの自己組織化を行っている。そのため、獲得したレイアウトの初期状態におけるランダムネスの影響度を検証するために、計算機実験を行った。

計算機実験では、初期状態においてランダムな状態から半年間の計算機実験を行い、結果として得たレイアウトを10種類用意した。次にレイアウトを固定し、自己組織化を用いたリアルタイムスケジューリング手法により、各レイアウトにつき半年間の製品の流しのシミュレーションを10回行い、得た結果を比較することで影響度を検証する。影響度の検証には動線長さを利用した。これは、本実験で最も重要視する評価指標であり、レイアウトの影響を最も受けやすい評価指標であると考えたからである。

Table 4.2は、各レイアウトにおける動線長さの平均と標準偏差を示している。表より、動線の標準偏差は平均値の約4.7%であり、自己組織化

Table 4.2: 初期値の影響の検証結果

	最大値	最小値	平均値	標準偏差
動線 (m)	5112.0	4390.7	4712.5	220.5

により獲得するレイアウトは，初期値のランダムネスの影響をあまり受けないことがわかる．

生成したレイアウトを実際に観察しても，各レイアウトの詳細な構造は異なっているが，使用頻度に従って同心円上に機械が配置されるという特徴は各レイアウトで共通に見受けられる．このことから，レイアウト形状に関しては初期値の影響を受けるが，レイアウトの機能的には初期値の影響は大きくないものと考えられる．

4.5 多品種半導体生産システムにおける実験結果と考察

4.5.1 実験設定

4.3節において構築したモデルを利用して、多品種半導体生産システムへとレイアウトの自己組織化手法を適用した。

対象とした生産システムは、Atype, Btype という2品種の半導体生産を行う製造フロアである。Atypeの製品は総工程数約250工程からなる製品であり、一方Btypeの製品は総工程数約430工程である。Atype, Btype両製品ともに、数十枚のシリコンウェハを1ロットとして、製造フロアの下方真中よりフロアに投入される。各製品の投入量は、BtypeがAtypeに比べて約3倍多い。

すべての工程が終了した製品は、後工程とのつながりがあるため別の製品回収口から回収され、後工程に送られる。つまり、Atypeの製品はすべての工程が終了すると、製品投入口に隣接するAtype製品用の製品回収口から回収され、Btypeの製品はフロア下方左側にあるBtype製品用の製品回収口から回収される。

製造フロア上の機械も、品種によって使い分けが行われている。つまり、Atypeの工程を担当する機械が130台あり、Btypeの工程を担当する機械は80台ある。また、Atype, Btype両製品において利用される共用機械も3台ある。

フロア上のAGVは6台に設定し、両品種間での使い分けは行わないものとした。

Fig. 4.10は、対象とする製造フロアの初期配置を示している。初期状態においては、各機械は単品種半導体生産システムの場合と同様にランダムに配置されている。

4.5.2 レイアウトの自己組織化過程

Fig. 4.11は、計算機実験を行った結果、自己組織化された設備レイアウトを表している。

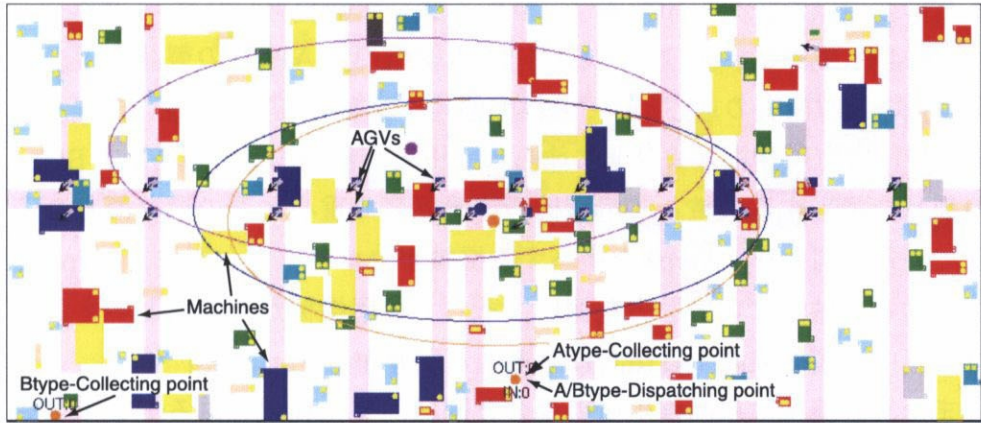


Fig. 4.10: 多品種半導体生産システムの初期レイアウト (ランダム)

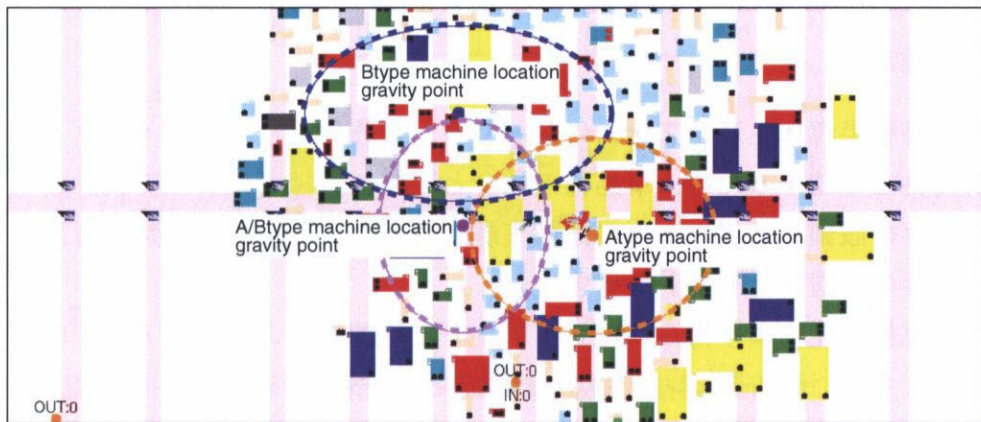


Fig. 4.11: 自己組織化により獲得した設備レイアウト

Fig. 4.11 のように機械の初期配置は品種の区別無くランダムであったが、生成したレイアウトは品種毎にフロアを使い分ける様な配置となり、さらに共用機械がその品種間に位置する様な配置が得られた。

Fig. 4.11 中、橙に塗りつぶした円と点線楕円は AType の製品を担当する機械の位置座標の重心と、その標準偏差を表している。同様に、青に塗られた円と点線楕円および紫に塗られた円と点線楕円はそれぞれ、Btype の製品を担当する機械と共用機械の位置座標の重心とその標準偏差を表している。図より、Atype を担当する機械がフロア下方右側に、Btype を担当する機械がフロア上方左側に、そして共用機械がその間といえるフロア真中左側に位置する傾向にあることが分かる。

また、各機械は単品種生産の場合と同様、良く利用されるアクセス頻度の高い検査機械や熱処理関係の機械がフロアの中心に集まる秩序も獲得している。

以上の結果から、単品種の場合と同様、多品種半導体生産システムにおいても、自己組織化する設備レイアウトは、多品種製品の工程の定義および機械の定義を良く反映していることがわかる。

4.5.3 熟練者による設備レイアウトとの比較実験

実験設定

多品種半導体生産システムにおいて自己組織化した設備レイアウトの有効性を確認するため、単品種の場合と同様に熟練者によって設計された既存の設備レイアウトとの比較実験を行った。Fig. 4.12 に熟練者による既存の設備レイアウトを示す。

自己組織化により得られたレイアウトと熟練者によるレイアウトの両条件ともに、それぞれレイアウトは固定とし、3章で述べた自己組織化を用いたリアルタイムスケジューリング手法により生産を行い、その評価を行うのも単品種の場合と同様である。各条件において、実験期間は12か月の計算機実験を行い、後半9か月の結果を比較に用いた。

比較の評価指標も単品種の場合と同様に、製品の動線長さ、生産性に関する評価指標として、TAT (Turn Around Time), WIP (Work In Process)

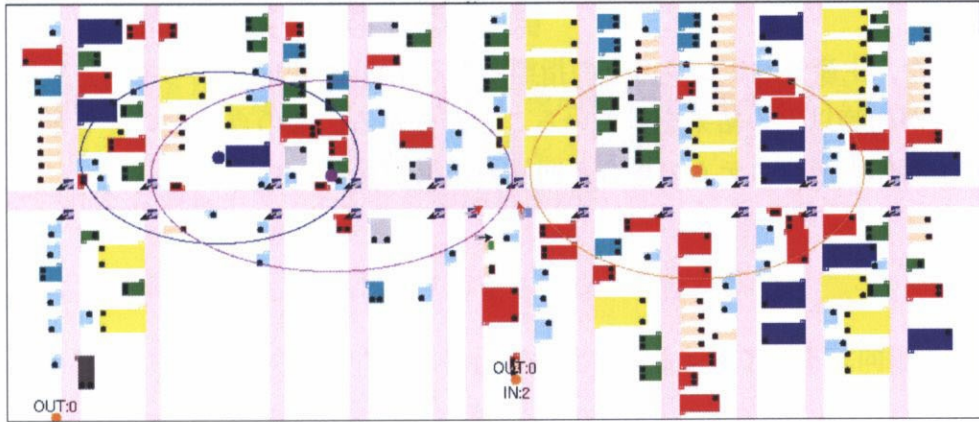


Fig. 4.12: 熟練者による既存の設備レイアウト

Table 4.3: 動線・TAT・WIPに関する比較

	自己組織化	熟練者
Atype 動線 (m)	10203	15237
Btype 動線 (m)	6924.2	7411.3
AtypeTAT(day)	27.4	28.0
BtypeTAT(day)	23.83	25.75
AtypeWIP(個)	133.7	136.8
BtypeWIP(個)	38.6	41.8

数を用いた。自己組織化により生成する設備レイアウトの目標は、短動線および高生産性を達成することである。

実験結果

Table 4.3 は、各評価指標における比較実験の結果を示している。

表より、単品種の場合と同様、動線に関しては提案手法による設備レイアウトが、熟練者による設備レイアウトを上回っている。とくに Atype 製品の動線は熟練者によるレイアウトを利用した場合を大きく上回っており、提案手法である設備レイアウトの自己組織化手法は、より複雑な製品を生産する設備フロアレイアウトに適しているということが推測で

きる。

また、生産性およびコストの指標となる TAT と **WIP** に関しても、提案手法が同等以上の結果を得ていることが分かる。この点においても単品種半導体生産システムの場合と同様の結果が得られた。

4.6 比較実験に関する考察

単品種半導体生産システム、および多品種半導体生産システムにおいて、自己組織化によって生成した設備レイアウトと、熟練者によって設計された設備レイアウトの比較実験結果から、

1. 動線長さ：自己組織化によるレイアウトの方が良い。
2. TAT, スループット, **WIP**: 自己組織化によるレイアウトは同等以上。

という評価が得られた。さらにこの傾向は、多品種生産における製品のプロセスフローが長いもので顕著であることから、複雑な対象になるほど提案手法の有効性が明確になるという示唆が得られたものと考えられる。

また、比較対象に用いた既存のレイアウト構成過程では、熟練者による作業で数ヶ月から半年程度の日数がかかることが通常である。すなわち、レイアウト決定には人員を導入して、大きな工数および日数を要している。

一方、自己組織化を用いた提案手法によれば、レイアウト生成およびそれに続く評価期間を合わせても1~2週間程度で設備レイアウトを作成できるという特徴がある。以上のことから、提案手法はレイアウト設計における工数およびコストの削減にも有効であると考えられる。

4.7 結言

本章では、半導体生産システムレイアウトの自己組織的構成法を提案した。

提案手法の有効性を確認するため、既存のレイアウト計画手法ではレイアウト計画が困難な、大規模かつ複雑な半導体生産システムの設備レイアウト計画を対象とし、モデル化を行った。

提案モデルを利用した単品種半導体生産システムを対象とした計算機実験では、自己組織化により得られるレイアウトが、製品のプロセスフローと設備の設定を良く反映し、設備が同心円状に配置されることを確認した。また、獲得したレイアウトは、フロア内における制約条件もよく反映した物であることがわかった。

また、熟練者により設計された既存のレイアウトとの比較実験では、動線長さにおいて提案手法が良い、TAT、スループット、WIP数に関しても提案手法は同等以上の性能を有することが分かった。

提案手法を多品種半導体生産システムへと適用したところ、単品種の場合と同様の結果が得られ、製品のプロセスフローが長い複雑な製品においてその傾向がさらに観察できたことから、提案手法の有効性は複雑な問題においてより顕著となることが示唆された。

さらに、提案手法はレイアウト設計における工数およびコストの削減にも有効であることが分かった。