

動的再構成可能な生産システムのレイアウト設計に関する研究

北海道大学 ○三神 惇平, 小野里 雅彦, 田中 文基

要 旨

本研究では, 変化する環境に対応できる動的再構成可能な生産システムに着目した. 生産システムをモジュール化し, そのレイアウトを Stochastic Evolution という探索的な手法によって自動設計する手法を提案する. 本手法によって, 元の配置案から, 与えられた仕事への全行程完了時間を改善したレイアウトを導出することが可能となった.

1 はじめに

より効率的な製造プロセスの方策として自動化がある. しかし自動化システムは初期投資額, 生産量変化の対応性, 製品対応性などの面で問題があり, 自動化するだけでなく, 柔軟であることが生産システムに求められている.

柔軟な自動化システムの一つに, 生産ラインの配置自体を変化させる, 動的再構成可能な生産システムがある. このシステム構築で重要なのが, 生産システムの構成要素のモジュール化と, レイアウト構成手法である. 本研究では, Hexagonal Base という六角形型のモジュールで生産システムを構成し, Stochastic Evolution というメタヒューリスティクスの手法によって, 与えられた仕事への全行程完了時間が短いレイアウトを自動的に設計する手法を提案する.

2 Hexagonal Base を用いた生産システムの概要

本研究で提案する生産システムは, Hexagonal Base によってモジュール化される. Hexagonal Base は六角形の形をした移動可能なベースで, 加工・運搬・貯蔵・検査・搬入/搬出の機能を持つ. 単純な形状でモジュール化することで, レイアウト設計を離散的なグラフ問題とできる. モジュールの形状を六角形とした理由について以下に示す. [1]

- (1) 平面上に敷き詰めることで余分なスペースができないため, 効率的にフロアを使用できる
- (2) 平面上に敷き詰めることができる最多角形のため接続面が多く, ワークを運搬する方向の選択肢が多い
- (3) 接続面が多いため, 各 Hexagonal Base 間の接続が強固となりずれが生じにくくなる

本システムでは, この Hexagonal Base を図 1 のように必要に応じて組み換え, 動的な再構成を実現する. この構成されたレイアウト内で, ワークが行き来する. 図 2 にその流れを示す. 各ワークはまず, 倉庫から搬入ベースへと運ばれる. 次に運搬ベースによって加工・検査・貯蔵ベースへと運ばれ, オーダーに従った順序で各機能が実行される. オーダーの内容が全て終了するまでそれが繰り返された後, 搬出ベースへと運ばれ, 再び倉庫へと運ばれる.

本研究では, ベースの種類と数, 各ワークで使用する加工ベースの種類と順序が決まった状態から最適なレイアウトを導出する.

3 レイアウト設計手法

3.1 Stochastic Evolution (確率的進化手法)

このレイアウト設計問題は組合せ最適化問題であり, その問題解決に対して, メタヒューリスティクスの手法のうち, Stochastic Evolution[2]を使用する.

Stochastic Evolution の特徴の一つは, 制御パラメータ p

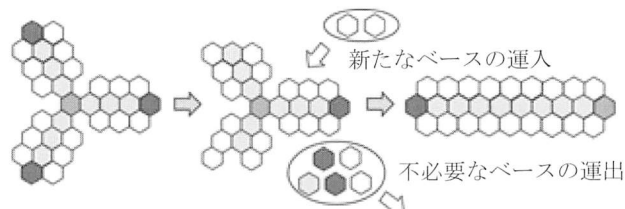


図 1 再構成の様子

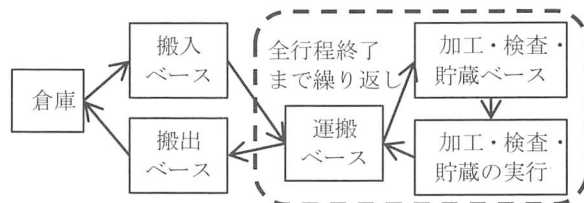


図 2 ワークの流れ

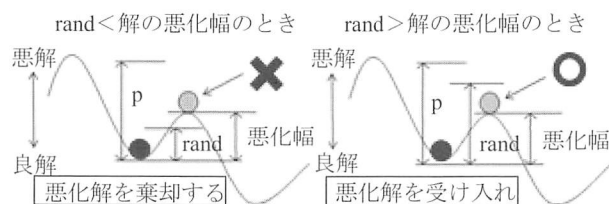


図 3 確率的な悪化解の受け入れ

で確率的に解の悪化を受け入れることである. 解が悪化したとき, 図 3 のように悪化幅と 0 から p までの乱数 $rand$ との比較で解の受け入れを決める. p は前の解の評価値と現在の評価値が一致したとき増大させ, そうでないとき初期化する. つまり解が改善しないとき, 評価値の悪化した解を新たな解として更新し, 局所最適解への陥りを防ぐ.

また, Stochastic Evolution のもう一つの特徴は, 停止条件パラメータ R で報酬を与えることである. 探索は探索回数のカウンタ ρ が R を上回るまで続くが, 最善解が更新されたとき, R だけ ρ を減少させ, 探索を続行させる.

3.2 Stochastic Evolution の適用

Stochastic Evolution を本問題に適用するため, 解と解の遷移の定義, 評価値の導出手法の定義が必要となる.

本問題の解は, レイアウトを構成する各ベースの座標値をまとめたものとした. また解の遷移は, 各ベースが隣りの位置に移動することで行う. 移動先に他のベースがあれば, ベース同士を入れ替える. ただしワークが各ベース間を移動できなくなるような遷移は認めない.

評価値は, 次のルールでスケジューリングしたときの, 全行程完了時間とする. 初期設定として, 製品の運搬可能時間を 0, 加工ベースの使用可否を true とし, ガントチャ

ートをクリアする。そして Step1 で選択した全ての製品について Step2 から Step4 を行った後 Step5 に進み、各製品の全行程が終了するまで Step1 から Step5 を繰り返す。

- Step1 現在の時間 \geq 運搬可能時間の製品を全て選択
- Step2 製品に運搬可能時間の早い順に優先順位をつける
- Step3 優先順で、現在の時間に次の加工工程を行うベースへ移動できるかをルート距離が短い順に、図4のようなガントチャートの空きと、加工ベースの使用可否でルートがあるかを確認する。ルートがあれば Step4a へ、一つもなければ Step4b へ進む。
- Step4a Step3 のルートについて、ガントチャートを埋める。移動前の加工ベースの使用可否を true とし、移動後の加工ベースの使用可否を false とする。運搬可能時間に加工が終了する時間を代入する。
- Step4b 製品は待機する。待機しているベースのガントチャートを埋める。
- Step5 現在の時間を1増やす。

ガントチャート完成後、使用するベースと投入順を変えずにガントチャートを早められるかを探索し、修正を加えてから終了する。

4 レイアウト設計手法の評価実験

4.1 実験設定

本手法によるレイアウト設計の実験を、以下のような設定に対して行った。表1が入力となる工程表である。19種類の加工ベースにそれぞれの加工に必要な時間(能力)を設定し、各製品が必要な工程(灰色)とその順序(灰色内数字)を設定した。7と14の加工ベースは全ての製品で使用し、それ以外のベースは各製品固有で使用している。制御パラメータRは40, pの増加幅は5とした。

また表2のような二種類のレイアウトを初期解として探索を行う。固まり構成は全ての製品で使用する加工ベースを中心にまとめ、それぞれの製品のみで使用する加工ベースを製品別にまとめており、全行程終了時間は309である。枝分かれ構成は3方向に分岐しており、全行程終了時間は434である。それぞれの初期解で50回の実験を行った。

4.2 実験結果

固まり構成を初期解としたとき、最善解の評価値の平均は289.9で、初期解より平均で19.1改善した。また枝分かれ構成を初期解としたとき、最善解の評価値の平均は333.4で、初期解より平均で100.6改善した。表3はそれぞれの上位3つの最善解である。

最も優れた評価値が導出されたのは固まりの構成を初期解とした場合の252だった。しかし初期解の評価値が高く最善解が更新されにくかったことから、探索が狭い範囲で行われた。一方枝分かれの構成を初期解とした場合においては探索が広い範囲に行われ、多様な解が生まれた。

5 結論

本報告では、Hexagonal Baseを用いた動的に再構成可能な生産システムのレイアウト設計手法を提案した。今後の課題として探索する解空間の検証、設定するパラメータの決定手法の検討、初期解の生成手法の検討が挙げられる。

参考文献

- [1]西浜耕一, 動的再構成可能なセル型生産システムの配置と物流の計画に関する研究, 大阪大学学位論文, 2002
- [2]Sadiq M.Salt, Habit Youssef, 白石洋一訳, 組合せ最適化アルゴリズムの最新手法, p269-p308, 丸善株式会社, 2002

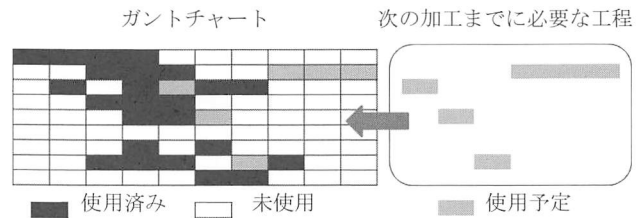


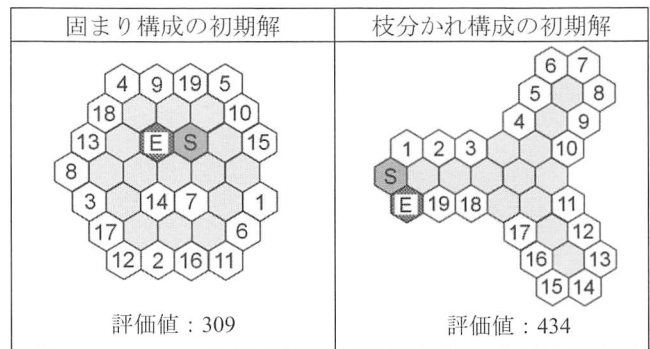
図4 ガントチャートの埋め方

表1 工程表

		加工ベース																		
種類		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
能力		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3
製品	A	1					2	3				4			5		6			
	B		1					2					3		4				5	
	C			1				2	3					4	5					6
	D				1			2		3					4					5
	E					1		2			3				4	5				

※各製品のロット数はそれぞれ10とした

表2 初期解の構成



※Sが搬入, Eが搬出, 数字が加工, 無印が運搬ベース

表3 評価値の高い結果

