

周期性を持つ需要を伴う動的スケジューリング問題に対する 長期メモリを用いた進化計算手法

01507865	県立広島大学	*広谷大助	HIROTANI Daisuke
非会員	広島大学	前田伊吹	MAEDA Ibuki
02502915	広島大学	林田智弘	HAYASHIDA Tomohiro
01403974	広島大学	西崎一郎	NISHIZAKI Ichiro
05000335	広島大学	関崎真也	SEKIZAKI Shinya

1. はじめに

本研究では、ジョブの不規則な到着によりスケジューリングを変化させる動的スケジューリング問題を対象とする。実際、何らかの理由によって需要が急に発生し、ジョブが不規則に到着することはあり得る。従来研究 [1] では、ジョブの作業順を決定するディスパッチングルールを遺伝的プログラミングを用いて新たに生成していた。

今日の社会においてジョブの到着は季節や月によって一定の周期を持って変化すると考えられ、過去のデータを基にすることでスケジューリングがより効率的に行える。本研究では、過去データを記録する長期メモリを用いた進化計算手法を提案し、数値実験によりその効果を検証することを目的とする。

2. 動的スケジューリング問題

2.1. 概要

全てのジョブが完了する前に新たなジョブが断続的に到着することで再度スケジューリングを行う問題を、動的スケジューリング問題という。以下に本研究の前提条件を示す。

- ジョブ J_i は N_i 個のオペレーションを有し、1 から N_i まで順番に処理をする
- 評価尺度は全てのジョブの処理完了時間を表すメークスパン C_{max} と、各ジョブ群における納期に対する完了時間がどれだけ遅れているかを表す納期遅れ T_i とする

2.2. ディスパッチングルール

ディスパッチングルールとは、ジョブの処理順を決定するための規則のことで、今日までに様々なルールが提案されている。本研究では、従来研究 [2] の以下の5つのルールを参照する。

- ATC : パラメータに応じてジョブの待ち時間の長さや納期までの余裕時間を考慮
- CR+SPT : ジョブの残り処理時間を考慮
- (SL/RPN)+SPT : ジョブの残りオペレーション数を考慮
- SLACK : ジョブの余裕時間を表すスラック時間がもっとも短いオペレーションを選択
- EDD : ジョブの納期が最も近いオペレーションを選択

3. 進化計算手法

3.1. 遺伝的プログラミング

遺伝的プログラミング (GP: Genetic Programming) とは、生物の進化過程を模倣して解探索を行う遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) の拡張モデルである。GA では生物の染色体を模倣した1次元配列で定義されているのに対し、GP はその染色体を木構造で定義することで数式などのデータを扱うことができる。

3.2. 島モデル

個体群を島とよばれる複数の個体群に分割することで、各島ごとに独立かつ並行して遺伝的操作を行えるようにしたものが島モデルである。

4. 長期メモリを用いた島モデル GP

本研究では、到着するジョブ群の特徴を定量的に定義した特徴量ベクトルに基づいて学習する島を選択する。各島は、ジョブ群の特徴量ベクトルと比較するための長期メモリを保持する。ジョブ群に対する特徴量ベクトルは、上述した5つのディスパッチングルールを用いた場合に、全てのジョブの処理完了時刻と納期の差分の総和を要素とする5次元ベクトルとする。動的スケジューリング

問題のための長期メモリを用いた島モデル GP のアルゴリズムを以下に示す.

Step 1: 各島の長期メモリの初期化

島の数を n として, l 番目に到着するジョブ群 $JS_l (l = 1, 2, \dots, n)$ の特徴量ベクトル F_l を島の長期メモリに記録する. ジョブ群が n 回到着したら Step 2 に進む.

Step 2: 長期メモリに基づく島の選択

島 p の長期メモリ M_p と新たに到着したジョブ群 JS_q の特徴量ベクトル F_q の距離 D_{pq} を (1) 式で定義する.

$$D_{pq} = \|M_p - F_q\|_1 \quad (1)$$

ジョブ群 JS_q に対して GP を適用する島を距離 D_{pq} に基づくボルツマン選択によって決定する. すなわち, 島 $s (s = 1, 2, \dots, n)$ が選択される確率 π_s を (2) 式で決定する.

$$\pi_s = \frac{\exp\left(\frac{1/D_{sq}}{T}\right)}{\sum_{\sigma=1}^n \exp\left(\frac{1/D_{\sigma q}}{T}\right)} \quad (2)$$

Step 3: 長期メモリの更新

Step 2 で選択された島 s の長期メモリ M_s は新しいジョブ群 JS_q の特徴量ベクトル F_q に基づいて, (3) 式で更新する.

$$M_s \leftarrow \frac{M_s + F_q}{2} \quad (3)$$

Step 4: 新しいジョブ群の到着

新しくジョブ群が到着したら Step 2 に戻り, 到着しなくなったら終了する.

5. 数値実験

本研究では, 初期のジョブ群を 10 ジョブ 10 オペレーションとし, ランダムに作成されたジョブ群が 100 回到着するものとして実験を行った. なお, ジョブ J_i の納期 d_i は $d_i = r_i + k_i \sum_{j=1}^{N_i} p_{ij}$ とし, k_i を納期のきつさを表すパラメータ, r_i を処理開始可能時刻, p_{ij} を j 番目のオペレーションの処理時間とし, p_{ij} 及び k_i に周期性を持たせた. GP のパラメータを表 1 に, 実験結果を表 2 に示す.

実験結果から, 提案手法は従来研究 [1] の手法よりも短い計算時間でメークスパンは従来と同等, 納期遅れは従来よりも良くなることが分かった.

6. まとめと今後の課題

本研究では, 周期的な需要を持つ動的スケジューリング問題に長期メモリを用いることで過去データを保存し, それを使用することで短時間でルールを生成する手法を提案した.

今後の課題は, 長期的に周期性のあるジョブ群を到着させることで提案手法の有効性を更なる検証をし, 特徴量の定義を改訂することが挙げられる.

表 1: GP のパラメータ

島の数	5
個体数	1000 (各島に 200)
交叉確率	0.8
突然変異確率	0.1
選択方法	トーナメント選択
初期個体生成	Ramped half-and-half
木の深さの最大値	8
終了条件	最良値が 30 世代変動なし

表 2: 実験結果

	C_{max}	T_i	計算時間 (s)	
従来 [1]	平均値	49.65	142.29	3332
	最良値	49.50	114.31	2800
	最悪値	49.82	157.38	4034
提案	平均値	50.25	75.54	917
	最良値	50.22	68.09	828
	最悪値	50.32	79.35	1015

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K04985, 20K11972 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1] 持田, 林田, 西崎, 関崎, 広谷, “ 遺伝的プログラミングを用いた動的スケジューリング問題のための優先規則生成,” 電気学会研究会資料: システム・制御合同研究会「制御工学と機械学習の最新動向」, CT-19-128, ST-19-050, pp. 27-30, 2019.
- [2] P. Kaweegitbundit and T. Eguchi, “Flexible job shop scheduling using genetic algorithm and heuristic rules”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 10, pp. 1-18, 2016.