

修士論文要旨

不確定環境型遺伝的アルゴリズムとモンテカルロ法による 大規模な確率的ジョブショップ問題の近似解法

(知能情報システム学) 古谷俊之

1. 緒言

1970年代に提案された遺伝的アルゴリズム(GA)は、近年、人工知能やロボットにも使われる等、応用研究が盛んである。GAは広範囲の問題に適用可能なため、さまざまな分野への応用研究がなされているが、代表的な適用分野として巡回セールスマン問題やナップサック問題といった最適化問題の近似解法として用いており、本論で取り上げたジョブショップ問題も、このような最適化問題の一つである。確率的ジョブショップ問題の近似解法にGAを用いた既報の研究[1]においては、GAとモンテカルロ法をハイブリッドに利用することにより、6仕事,6機械の確率的ジョブショップ問題の近似最適解を得る事に成功している。本論では、既報の研究[1]で開発されたプログラムを、大規模システムを対象とできるように拡張し、この手法を大規模なジョブショップ問題へ適用した。

2. 不確定環境型 GA

確率計画問題では、確率変数の変動に伴い、解の目的関数値や制約条件が変動する。GAの適応度関数に確率的変動が含まれていれば、同じ個体の適応度は世代ごとに確率的変動すると考えられる。つまり、GAの各世代の環境が不確定(確率的)であると言える。そして、全世代を通じての個体の集合とその出現頻度を算出する。この方法を不確定環境型遺伝的アルゴリズム(不確定環境型 GA)[2]と呼ぶ。

3. 確率的ジョブショップ問題

本論で扱う確率的ジョブショップ問題とは、機械の処理所用時間を各仕事毎に、所与の確率分布に従う確率変数としたジョブショップ問題を指す。ジョブショップ問題とは、複数の工程を複数の機械で処理する際に、全ての仕事の完了時間を最小にするような各機械における各仕事の処理順番を求める問題である。確率的ジョブショップ問題の条件は、以下の通りである。仕事毎に機械で処理する順番が指定されており、一つの機械は同時に一つの仕事しか処理できない。この際、機械による処理の中断はできない。各機械における処理は、ガントチャートを用いて前詰めに配置する。全ての仕事が完了する時間の期待値を最小にするような、各機械での各仕事の処理順番を決める。

4. 不確定環境型 GA の処理条件

機械の処理所要時間を所定の確率分布に従う乱数を用いて、各世代毎に確定させる。遺伝子型

個体には、順序表現を用いて、各機械での仕事の処理順序を全機械分並べた。

1. 初期集団として、Giffler と Thompson のアルゴリズム(GT)[3]を用いて、ランダムなアクティブスケジュールを発生させる。
2. 終了条件が満たされるまで(a)~(c)をループ
 - (a) 各確率変数に対して、その確率分布に従う乱数を用いて適応度関数(目的関数、制約条件)を確定する。
 - (b) 適応度 $f = t_{\max}^3 / (T - t_{\max})^3$ (t_{\max} :各仕事を単独で処理した場合の処理所用時間が最大となる仕事の処理所要時間、 T :全ての仕事の完了時間)の計算
 - (c). 選択、交叉、突然変異

選択には、適応度に比例して選択率が高くなるルーレット戦略を用いる。交叉には、GT を不確定環境型 GA の交叉に利用したアルゴリズム [1]を用いる。このアルゴリズムでは、GT アルゴリズムを基に、(1)ランダム交叉、(2)前の世代までのスケジュールにおける処理完了時間の平均値を基にしたヒューリスティック交叉、を所定の割合で行う。不確定環境型 GA の各世代の各処理完了時間は、その世代で発生した乱数に依存しているため、前の世代までの処理完了時間の各平均値を基にしたヒューリスティック交叉を用いた。突然変異には、各機械毎の 1 点突然変異を用いた。
3. 所定世代以降、最終世代までの各個体(解)の発生頻度を求める。このうち、高頻度個体に相当する解を近似最適解候補とし、モンテカルロ法を用いて期待値の近似値を求め、その値が最大(または最小)となる解を近似最適解とする。

5. 適用例

実験に用いた問題は、表 1 に示した 6 仕事,6 機械のジョブショップ問題[4]と、表 2 に示した 10 仕事,10 機械のジョブショップ問題[4]である。各機械の処理所用時間を確率変数とし、その確率分布は、表 1、表 2 の処理所要時間を平均値とするような正規分布と仮定した。確率分布における変動係数(=標準偏差/平均値)は、(1)0、(2)0.1、(3)0.2、の 3 通りの条件に設定して計算を行った。結果例を図 1、図 2 に示す。本法で得られた近似最適解候補を表 3 に示す。そして、全世代を通じて上位 20 位までの高頻度個体に対して、モンテカルロ法を用いて期待値の近似値を求め、その中で、全ての仕事の完了時間の期待値の近似値の最小値を与える解と、その期待値の近似値を表 4 に示す。表 4 には、変動係数 0 の場合の結果および従来法の結果も付記した。

表 1 : 6 仕事,6 機械のジョブショップ問題

		機械(処理所要時間)					
		1	2	3	4	5	6
仕事	1	3(1)	1(3)	2(6)	4(7)	6(3)	5(6)
	2	2(8)	3(5)	5(10)	6(10)	1(10)	4(4)
	3	3(5)	4(4)	6(8)	1(9)	2(1)	5(7)
	4	2(5)	1(5)	3(5)	4(3)	5(8)	6(9)
	5	3(9)	2(3)	5(5)	6(4)	1(3)	4(1)
	6	2(3)	4(3)	6(9)	1(10)	5(4)	3(1)

表 2 : 10 仕事,10 機械のジョブショップ問題

		機械(処理所要時間)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
仕事	1	1(29)	2(78)	3(9)	4(36)	5(49)	6(11)	7(62)	8(56)	9(44)	10(21)
	2	1(43)	3(90)	5(75)	10(11)	4(69)	2(29)	7(46)	6(46)	8(72)	9(30)
	3	2(91)	1(85)	4(39)	3(74)	9(90)	6(10)	8(12)	7(89)	10(45)	5(33)
	4	2(81)	3(95)	1(71)	5(99)	7(9)	9(52)	8(85)	4(98)	10(22)	6(43)
	5	3(14)	1(6)	2(22)	6(61)	4(26)	5(69)	9(21)	8(49)	10(72)	7(53)
	6	3(84)	2(2)	6(52)	4(95)	9(48)	10(72)	1(47)	7(65)	5(6)	8(25)
	7	2(46)	1(37)	4(61)	3(13)	7(32)	6(21)	10(32)	9(89)	8(30)	5(55)
	8	3(31)	1(86)	2(46)	6(74)	5(32)	7(88)	9(19)	10(48)	8(36)	4(79)
	9	1(76)	2(69)	4(76)	6(51)	3(85)	10(11)	7(40)	8(89)	5(26)	9(74)
	10	2(85)	1(13)	3(61)	7(7)	9(64)	10(76)	6(47)	4(52)	5(90)	8(45)

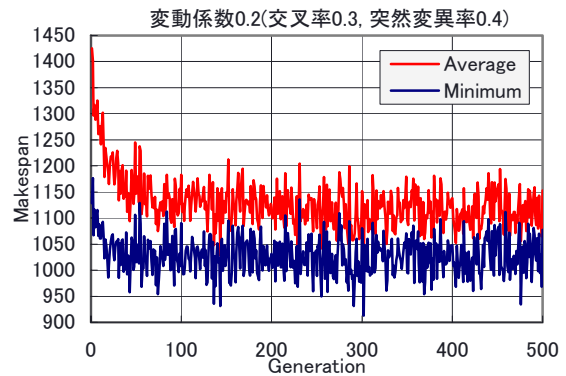
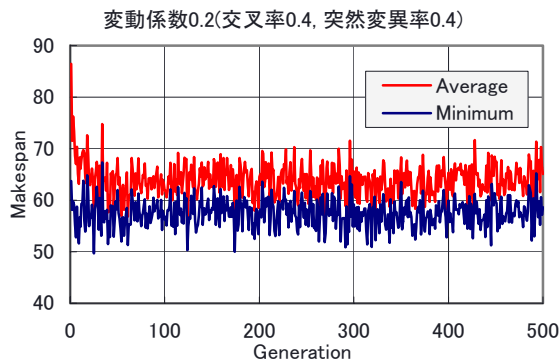
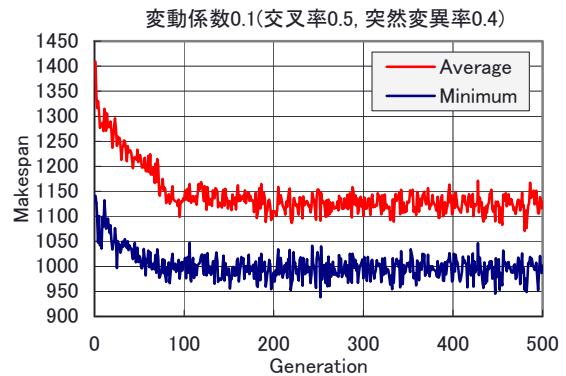
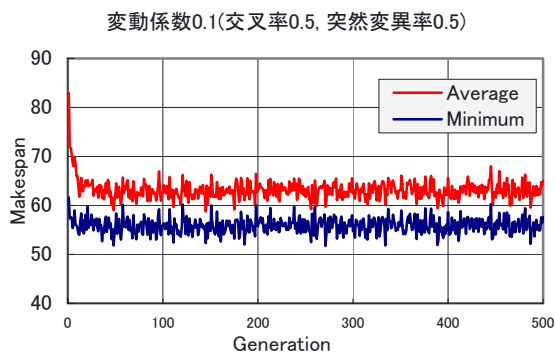
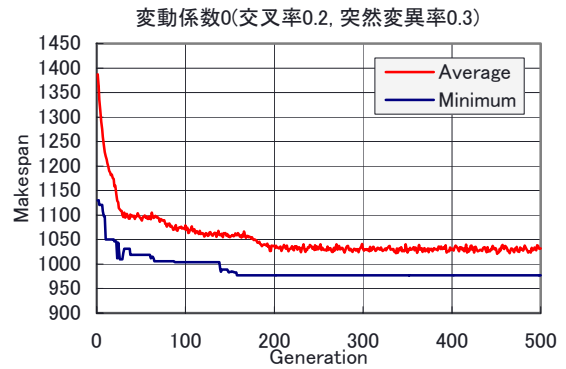
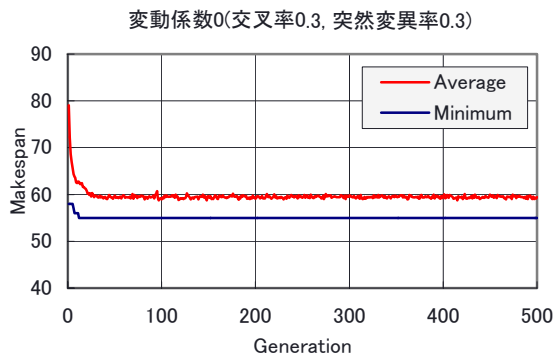


図 1 : 6 仕事,6 機械の結果例

図 2 : 10 仕事,10 機械の結果例

表 3 : 出現頻度の上位解(10 仕事,10 機械 ; 解における 0 は 10(仕事番号)を略記したもの)

個体数	変動係数0 解										全ての仕事の完了時間
	9217540863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957802134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	
246819	9217540863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957802134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	977
165922	9217540863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957802134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	977
65985	9215874063	4697053812	5684270913	6975312408	4568219703	6957813024	7406981253	4957613820	6475083192	6792058413	1050
38092	9217485063	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957820134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	1019
35976	9217540863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957801234	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	977
23949	9217540863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957801234	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	977
12079	9215740863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957802134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	977
9361	9215874063	4697053812	5684270913	6975312408	4568219703	6957810324	7406981253	4957613820	6470583192	6792058413	1031
8992	9215740863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957802134	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	1006
7811	9215740863	4679053812	6548207913	6975231408	4256819703	6957812034	4076928153	4695723810	6407538921	6279058431	1006

(表 3 の続き)

変動係数0.1											
個体数	解										全ての仕事の完了時間平均値
35136	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	997.64
28230	2195748063	4670195382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	997.60
22307	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182043	7406129835	4671593280	6470513892	6729014583	1002.09
11902	2195748063	4670195382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	997.12
10287	2195748063	4670195382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182043	7406129835	4671593280	6470513892	6729014583	1002.09
9579	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	999.19
9533	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	997.19
9524	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	998.24
8744	2195748063	4671095382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182043	7406129835	4671593280	6470513892	6729014583	1002.66
8275	2195748063	4670195382	6548217093	6719523408	4216578903	6759182034	7406129835	4671593280	6470513892	6729015483	999.15

変動係数0.2											
個体数	解										全ての仕事の完了時間平均値
7344	1952478603	4697513082	6548217903	6975124308	4251678903	6957182403	4761902853	4567912380	6457038921	6279540831	1123.31
7267	9152740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054813	1041.98
6931	9152740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054813	1041.53
6313	9152740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054831	1041.91
4832	9152740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054813	1045.30
4823	9152740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054831	1041.71
4683	1925047863	4609751382	6542801793	6975123408	4251689703	6597180243	4076912853	4569713280	6405738921	6279054831	1050.85
4444	9125740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810243	4076921853	4569713280	6405738192	6279054813	1041.58
4271	1952740863	4679051382	6548201793	6975123408	4251689703	6597812034	4076921853	4569713280	6405738912	6279054831	1039.10
4123	9152470863	4679501382	6548201793	6975123408	4251689703	6597810234	4076921853	4569713280	6405738912	6279054831	1037.54

表 4：従来法と本法の比較（全ての仕事の完了時間(平均)）

変動係数		0	0.1	0.2
6仕事,6機械	従来法[1]	55	56.82	59.80
	本法	55	56.11	58.04
10仕事,10機械	従来法[5]	930		
	本法	977	996.90	1037.54

6. 結論

大規模な確率的ジョブショップ問題へ不確定環境型 GA とモンテカルロ法のハイブリッド適用を行った。今後は近似最適解の改善方策を検討する予定である。

参考文献

- [1] Y.Yoshitomi and R.Yamaguchi, "Genetic Algorithm and Monte Carlo Method for Stochastic Job-shop Scheduling", Int. Trans. In Operational Research, 10(2003), 577-596.
- [2] Y.Yoshitomi, H.Ikenoue, T.Takeba and S.Tomita, "Genetic Algorithm in Uncertain Environments for Solving Stochastic Programming Problem", 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, 43(2000), 266-290.
- [3] B.Giffler and G.L.Thompson, "Algorithms for Solving Production Scheduling Problems", Operations Research, 8(1969), 487-503.
- [4] J.F.Muth and G.L.Thompson, Industrial Scheduling, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., (1963).
- [5] T. Yamada and R. Nakano, "A Genetic Algorithm Applicable to Large Scale Job-Shop Problems", Parallel Problem Solving from Nature 2, (1992), 281-290.