312 遺伝的アルゴリズムを用いた教育システムの構築について

Education System Using Genetic Algorithms

○正 印南 信男 (北海道職能大)

Michio INNAMI, Hokkaido Polytechnic College

Class timetable fixing system using genetic algorithms is developed. Especially in case many lectures are conducted over continuous plural periods, it would take a lot of time to get the optimal timetable solution, because generally each locus in a chromosome stores one period data separately. In this paper, Continuous Period Process is proposed, and adopted to the system, which expands a lecture data in a locus to adjoining ones, so that continuous plural periods are set for the lecture automatically. It is shown that this method saves much time to get the optimal solution.

Key Words: Genetic Algorithms, Education, Timetable

A 1. はじめに

大学などにおける時間割の作成は、各クラスからのさまざまな要求を満たす必要があり、多くの労力を要する作業である。本報では、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた時間割作成システム構築について検討を行った。特に複数の連続した時限(コマ)に実施される科目に対する処理を行うことで、最適解が得られるまでの世代数を小さくすることを試みた。

A 2. 時間割作成システムの概要

本システムでは、単純遺伝的アルゴリズム(SGA)によって最適解を探索する。遺伝子型では複数時限連続実施科目を1つの遺伝子座のみで表現する。表現型では遺伝子型から連続時限数分の遺伝子座が格納されるように展開する。その際、あらかじめ曜日と時限が指定されている科目の遺伝子座を妨げないようにする。本報では以下、本手法を時限連続化処理(Continuous Period Process:CPP)と呼ぶ。

A 3. 問題の設定

実際のカリキュラムを基に、6クラス分の時間割作成を試行した。全クラスにおける1週間の授業の総時限数は106である。これを月曜日～金曜日の5日間に、1日当たり最大4時限割り当てるものとする。このうち26時限分は、あらかじめ曜日と時限が指定されている科目である。空き時間は14時限分存在する。2時限以上連続して実施される科目の数は、表A1に示すように5つの場合を仮定した。

適応度は、全ての制約条件を満たす場合を100点とし、条件を満たさない場合は以下の点数を減じる。ただし適応度の最低値を1点とする。

- 複数時限に連続して実施されることを意図した科目に

Table A1 The number of subjects with continuous plural periods

	2 periods	3 periods	4 periods
Case 1	22	2	5
Case 2	10	0	0
Case 3	5	0	0
Case 4	2	0	0
Case 5	0	0	0

ついて連続とならなかった場合は、1科目あたり5点

- 教員が同時に複数のクラスで異なる科目を担当する場合は、1教員1時限あたり20点
- 授業の間に空き時間が発生する場合、その長さが1時限、2時限につきそれぞれ5、10点

個体数は80とし、表A1の各場合について50回ずつ試行した。また比較のため、CPPを用いない計算も同様に行った。いずれの場合も20万世代目で最適解が得られない場合は計算を中止した。

A 4. 結果

図A1に各場合における、世代に対して最適解が得られた試行の割合の累積分布を示す。CPPを用いた場合は、用いない場合と比べて明らかに最適解への収束が早く行われている。CPPを用いると、いずれの場合も14000世代目で少なくとも50%以上の試行で最適解が得られた。10万世代目では80%以上で最適解が得られ、その後最適解が得られる試行数の増加は緩やかとなる。一方、CPPを用いない場合、20万世代目まではCase 4が40%の試行で最適解が得られたが、Case 1～3ではほとんどの試行で最適解が得られなかった。

以上の結果から、特に複数時限連続実施科目が多い場合において、CPPの有効性が確かめられた。

Fig.A1 Cumulative distribution of optimal solution

1. はじめに

大学などにおいて作成される時間割には、さまざま制約条件が課せられる。たとえば、教員は同一時限に異なる授業を同時に担当しない、同一時限に教室・実験室が複数の授業で使用されない、授業と授業の間に空き時間は存在しないことが望ましいなどである。その他にも独自に課せられたさまざまな条件を満たすことが要求される。時間割の決定は組合せ最適化問題の一種であり、クラス数が多く、制約条件が多い場合は、最適解を求めることが困難となり、作成作業にはたいへんな労力を要する。

本報では、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた時間割決定システムの検討を行う。特に複数の時限(コマ)で実施される科目について、それらが時間割上で連続して割り当てられるような処理を行うことで、最適解が得られるまでの世代数を小さくするための試みを行う。

2. 時間割作成システム

2・1 システムの概要

本システムでは、単純遺伝的アルゴリズム(SGA)によって最適解を探索する。授業は月曜日～金曜日のそれぞれ1～4時限目のいずれかに行われるものとする。

複数の時限が割り当てられている授業については、それらが連続して実施されることが望ましい場合が多い。一般に遺伝的アルゴリズムを用いた解法では、このような場合GAオペレータによって、実施される時限が偶然に連続するまで計算を繰り返すのが普通である。そのため最適解が得られるまでには、多くの計算時間を要する。本システムでは、複数時限に実施される科目が、時間割上で連続して割り当てられるように特別な処理を行う。本報では以下、本手法を時限連続化処理(Continuous Period Process:CPP)と呼ぶ。

2・2 遺伝的アルゴリズムによる操作

本システムでは、一定の交叉率の下で1点交叉を行うものとする。また突然変異についても同様に一定の突然変異率の下で行われる。適応度の高い個体をより多く選択するため、ルーレット選択を採用している。さらにエリート戦略により一定数の優秀な個体を次世代に残すこととする。

以上の操作を最適解が得られるまで行うものとする。

2・3 時限連続化処理(CPP)の手順

遺伝子型では染色体上の1遺伝子座に、時限数にかかわらず1科目の授業を表す科目コードを格納するものとする。交叉、突然変異を適用するために、実際には順序表現を用いる。なお遺伝子型には、曜日・時限が指定されている科目のコードを格納しない。

表現型は遺伝子型より以下の手順で生成する。

1. 遺伝子型のデータを表現型にコピーする。
2. 曜日・時限が指定されている科目(コード)を、その位置に相当する遺伝子座に割り当てる。表現型では月曜1時限目から金曜4時限目までに相当する遺伝子座が時間順に並んでいるものとする。割り当てられる位置の遺伝子座にすでに遺伝子型への操作によって科目コードが存在している場合には、その値をその位置以降に格納されているデータとともに後ろ

Table 1 Position of locus to be copied subject code

Position of locus(period) of G-type	The number of continuous periods	Position of loci of P-type to be copied
1 or 2	2	1,2
	3	1,2,3
	4	1,2,3,4
3 or 4	2	3,4
	3	2,3,4
	4	1,2,3,4

の遺伝子座に移動する。

3. 先頭の遺伝子座から順に複数時限連続実施科目のデータを展開する。展開は表1に示すルールに従って、同一曜日内の遺伝子座に対して行う。ただし、展開先となるべき遺伝子座を、別の展開済み複数時限連続実施科目や曜日・時限指定科目が占めている場合は、表1に従わずにその直後に位置する遺伝子座のうち、曜日・時限指定科目データが格納されていない場所に順に展開する。

3. 問題の設定

3・1 科目データ

北海道職業能力開発大学校では月～金曜日の1～4時限目に授業が行われている。本報では本学応用課程3科の各2学年、計6クラスについて時間割の決定を試みる。各クラスで第I/V期(4～6月)に実施される科目は、表2, 3に示すとおりであり、複数時限連続実施科目が非常に多い。表2は曜日・時限が指定されていない科目、表3はそれらが指定されている科目である。なお、科名と科目名の一部については名称を簡略化して表している。

最適解の探索はいくつかの場合を想定して行った。表2中の一部の科目について複数時限に連続して実施されるという制約を外すことにより、表4に示すように5通りの場合を設定した。表中のCase 1は表2の条件そのものである。Case 5は、全ての授業について複数時限を連続させる条件を課せずに1時限単位で実施すると仮定した場合である。

3・2 制約条件とGAパラメータの設定

制約条件は以下のとおりとした。

1. 複数時限連続実施科目は同一日に連続して行われること。
2. 教員は同時に複数のクラスで異なる授業を担当しないこと。
3. 授業と授業の間に空き時間が存在しないこと

適応度は制約条件が全て満たされる場合を100点とし、上記の1を満たさないときは1科目につき5点、2については1教員1時限につき20点、3については空き時間の長さが1時限、2時限につき、それぞれ5点、10点を減じるものとする。ただし、適応度の最低値を1点とする。

なお、教室・実験室についてはじゅうぶんな数があるものと仮定しており、これらが同時に複数の授業で使用されないという制約条件は課していない。

GAパラメータについては個体数80、交叉率0.7、突然変

Table 2 Subjects with day & period unassigned

Class	Subject	The number of periods	Lecturer
機械科 1年	精密加工(1)	4	A,B
	精密加工(2)	4	A,B
	自動化機器実習	2	C
	CAD/CAM実習(1)	2	D
	CAD/CAM実習(2)	2	D
	情報処理	1	F
	情報処理実習	1	F
機械科 2年	生産自動化実習	2	A
	計測制御実習(1)	2	E
	計測制御実習(2)	2	E
	ネットワーク論	1	G
	ネットワーク実習	2	G
電子科 1年	能力開発体系論	1	A
	電子回路技術	2	J
	デジタル回路設計	2	I
	アナログ回路設計	1	L
	電子装置製作実習	4	I,J
	実装製作実習(1)	2	G,K,L
	実装製作実習(2)	2	G,K,L
電子科 2年	CAD/CAM実習(1)	2	J,L
	CAD/CAM実習(2)	2	J,L
	自動計測	1	H
	デジタル通信	1	M
	制御技術	1	H
	センサ応用技術	2	K
	通信技術実習	2	G,M
情報科 1年	制御技術実習	2	H,K
	能力開発体系論	1	-
	データベース設計	2	N
	画像処理	2	P
	ネットワーク設計	2	Q
	データベース構築実習	2	N
	画像計測実習	2	P
情報科 2年	ネットワーク構築実習	2	F
	生産管理実習	4	N,Q
	計測制御課題実習(1)	4	O,P
	計測制御課題実習(2)	3	O,P
	計測制御課題実習(3)	3	O,P
	能力開発体系論	1	F

異率0.02, エリート個体数3に設定した。試行は全ての制約条件を満たす個体が発生するまで続ける。ただし、20万世代目でも最適解が得られない場合は、試行を中止する。

4. 結果

Case 1~5についてそれぞれ50回の試行を行った。またCPPを用いない場合についても同様に試行を行った。図1に各場合における、世代に対して最適解が得られた試行の割合の累積分布を示す。またそれぞれの場合の最良、最悪、平均の試行における世代に対する適応度の推移を図2に示す。

Table 3 Subjects with day & period assigned

Class	Subject	Day / Period	Lecturer
機械科 1年	生産管理	Wed / 3,4	R
	自動化機器	Thu / 2	S
機械科 2年	開発課題実習	Thu / 1~4	-
	創造的開発技法	Fri / 1,2	C
電子科 1年	生産管理	Wed / 3,4	R
	開発課題実習	Thu / 1~4	-
電子科 2年	創造的開発技法	Fri / 1,2	-
	生産管理	Fri / 3,4	R
情報科 1年	工業英語	Tue / 1	T
	開発課題実習	Thu / 1~4	-
情報科 2年	創造的開発技法	Fri / 1,2	-
	生産管理	Fri / 3,4	R

Table 4 The number of subjects with continuous plural periods

	2 periods	3 periods	4 periods
Case 1	22	2	5
Case 2	10	0	0
Case 3	5	0	0
Case 4	2	0	0
Case 5	0	0	0

す。

CPPを用いた場合、いずれの場合も14000世代目では少なくとも50%以上の試行で最適解が得られた。10万世代目では80%以上で最適解が得られ、その後最適解が得られる試行数の増加は緩やかな傾向となる。一方、CPPを用いない場合、20万世代目まではCase 4が40%の試行で最適解が得られたが、Case 1~3ではほとんどの試行で最適解を得る

Fig.1 Cumulative distribution of optimal solution

Fig. 2 Relationship between fitness and generation

ことができなかった。

5. まとめ

本報では、遺伝的アルゴリズムを用いて各種制約条件を満たす時間制作成システムの構築を試みた。その結果以下の知見を得た。

- 本報で取り上げたデータの規模においては、CPPを採用することにより、制約条件を満たす解を得ることができた。複数時限連続実施科目数にかかわらず、14000世代目までにおおよそ50%以上の確率で最適解を得ることができた。また、10万世代目までは80%以上の確率で最適解が得られ、その後は世代が進んでも最適解が得られる試行数の増加は緩やかな傾向を示す。
- CPPを用いない場合、複数時限連続実施科目数が多くなるほど最適解の探索が困難となる。CPPの有無によって最適解が得られるまでの平均世代数に大きな差が生じた。以上によってCPPの有効性が確かめられた。

文 献

- (1) 伊庭斉志, 遺伝的アルゴリズムの基礎, オーム社, (1994)
- (2) 梅原嘉介, 小川敬治, 進化ゲーム理論と遺伝的アルゴリズム, 工学社, (2007)
- (3) J.J.Moreira, A System for Automatic construction of Exam

Timetable Using Genetic Algorithms, DSIE'08, FEUP, (2008)

- (4) E.K.Burke, D.Elliam, R.A.Weare, Genetic algorithm based university timetabling system, Proceedings of 2nd East-West international Conference on Computer Technologies in Education, Vol. 1, (1994), 35-40
- (5) S.Kazarlis, Solving University Timetabling Problems Using Advanced Genetic Algorithms, ICTA'05, (2005)