

時間割編成支援システムの開発

Development of schedule organization support system

○竹村 学 五十嵐弘一 進藤光貴 仲野嵩史

○Takemura Manabu Igarashi Hirokazu Shindo Kouki Nakano Takashi

鶴岡高専

Tsuruoka National College of Technology

キーワード:組合せ最適化問題(Combinatorial Optimizasion Problem),遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm),

ユーザインターフェイス(User Interface),ウェブプログラミング(Web Programming)

連絡先:〒997-8511 鶴岡市井岡字沢田 104 鶴岡高専 機械工学科

Tel:0235-25-9048 ,e-mail:takemura@tsuruoka-nct.ac.jp

1. はじめに

鶴岡高専の時間割編成は、4学科5学年(20クラス)、週5日各8時間で総数800コマに及ぶ規模の組合せ最適化問題としてとらえることができる。現在本校では、時間割の編成にエクセルを活用しながらもすべて手作業で処理している状態で、編成担当者の大きな負担に頼っているのが実情である。また、編成の途中での突発的な変更や訂正に対応しなければならず、編成者の個人的な献身に負うところが大きい。また、編成結果の確認はエクセル上の表示のみであり不具合などのチェック機能もなく、編成作業の効率化が必要である。この状況を打破するために大きな人的負担となっている時間割編成支援システムの開発と視覚的表示により問題点の指示などを実現するユーザインターフェイスの開発が急務である。

2. システム構成

2.1. 制約条件

時間割を編成するために考慮しなければならない制約条件は以下の通りである。

- (1) 教員が重複しないこと
- (2) 連続授業が中断しないこと
- (3) 授業中の空き時間の発生しないこと
- (4) 教室が重複しないこと
- (5) 同日中の同じ授業が重複しないこと
- (6) 教員の制約時間内で授業を実施すること

(7) 教員の準備時間を確保すること

(8) 数学 I, II, 英語 I, II が連続開講されないこと

(9) 週に一日授業の無い日を設定すること (除く卒業研究)

(1)~(6)の条件は時間割を編成する上で必ず満たさなければならない条件である。(8)は学習効果を向上するために、各科目担当者より強く求められている条件である。(7),(9)は出来れば満たしたいと要望されている条件である。

これら9項目がそれぞれ満たされない場合に条件違反と判断してペナルティを与える。このペナルティの数が評価関数(GAにおける適応度)となり、ペナルティが全くない時間割が最適解となる。

2.2. データ生成部

時間割を編成するために必要なデータ数は、平成23年度前期のデータで65371個である。従来は前年度のデータの一部を手直しするだけで活用してきたが、新規にデータを編集するためにはテキストエディタによる膨大な作業が必要となることから、教務係にて編集されたエクセルデータからのデータ生成の自動化を実現した。

2.3. 数値処理部

組合せ最適化問題の解法としては、数理計画法に代表される最適解法が望ましいが、問題規模が大きいことから、近似解法の中で構成が単純で問題構造を反映しやすく、最適化問題に頻繁に適用されている遺伝的アルゴリズム(以下GAと表す)を用いることとした。

GAとは生物進化のメカニズムを模した近似解法の一つである。この解法の基本構成として、一つの時間割に相当する個体は2600bitの乱数で作成した遺伝子型を使用した。各クラスで開講される科目数の最大が26科目のため、5ビットの2進数で表現した。また、1世代を100個体で構成して、世代数を10000回繰り返して得られた評価関数(適応度)の値が最小値となる個体を準最適解とした。

次世代の個体はルーレット戦略に基づいて選択し、2点交叉を施した。突然変異についてはSimpleGAのような一定割合での変異を施したが、局所解に収束してしまうことから、突然変異数を制御することによって、準最適解の改善を試みた。

2.4. 表示編成部

GAによる処理結果は、数字情報で記述されているために、そのまま時間割を表現することは困難である。そのためにWebプログラミングを活用して、ウェブブラウザ上で時間割を表示するシステムを開発した。

また、残念ながらGAによって得られた準最適解は、各制約条件を満たさない状況であり、時間割として実施できるものではなかったため、表示システムを改良して手動で科目の入替え操作を行える機能を追加した。これにより実施可能な時間割を編集することができるようになったが、作業効率に問題があり、より効率よく時間割を編集するための編集支援システムの開発を試みた。

3. 実験と考察

3.1. 数値処理部

GAの各世代での適応度と平均値の変化を示したものを図1に示す。3000世代ごろまでに適応度の改善が急激に進んでいるが、それ以降GA特有の局所解への収束が確認できる。

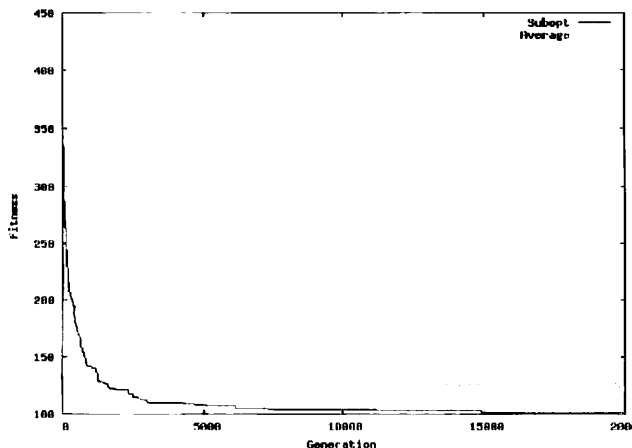


Fig.1 Changes in fitness

これまでの取組みとして準最適解の精度を向上させる(局所解から脱出)ために、突然変異数の制御に関して検討を行った。GAでは交叉は個体の近傍探索機能を担い、突然変異は遠方探索を担っていると考えられる。GAの問題点でもある、局所解への収束の解消のためには突然変異の挙動を明らかにすることが必要と考えられる。そこで今回は、突然変異数の解精度への影響について検討を行った。図2は突然変異数の変化パターンのイメージを示したものである。

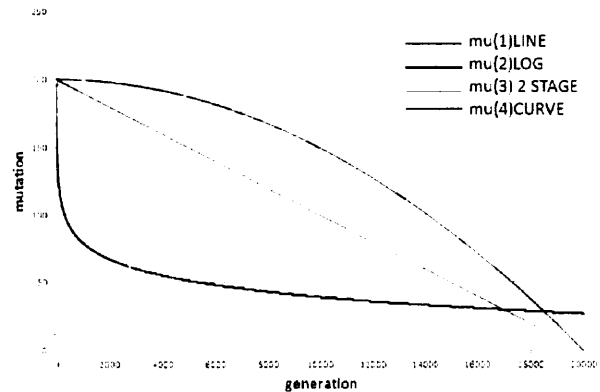


Fig.2 Decrease in mutation pattern

表1は突然変異数の変化を4種類のパターンで試した場合の適応度の値を示したものである。適応度の値は複数回試行した中での最良値、平均値を示した。mu(2)の対数関数で得られる減少パターンにおける結果が優れていることが分かる。図1の減少傾向に合わせて、突然変異数を減少させる方策が有効であると考えられる。

Table.1 Outcome of Experiments

	mu(1)	mu(2)	mu(3)	mu(4)
Subopt	104	96	107	101
Average	107.0	103.7	112.3	107.7

ただし、評価関数値としては96箇所の制約条件違反が存在しており、時間割としては使用することはできない。さらなる改良のために、局所解に収束してしまっている状況の改善を試みた。

GAにおける局所解への収束は、各世代を構成する個体群の多様性の欠如が原因と考えられる。GAの基本オペレーションである個体選択や交叉によって、個体の多様性を回復させることは困難であることから、局所解に陥ったと判断したら、突然変異数を爆発的に変化させ、次世代の個体の多様性を確保するという考え方である。適応度の変化が指定世代数以上確認できない場合を局所解への収束と判断して、次世代の個体に5000箇所の突然変異を発生させたものである。この結果得られた適応度と平均値を表2に示す。図3に最も効果のあつ

た条件での適応度の変化を示す。

Table.2 Change of the Solution by Interval

	Subopt	Average
Index Data	100	106.3
Interval (100)	97	102.3
Interval (500)	94	100.3
Interval (1000)	110	112.7

局所解への収束と判断して爆発的な突然変異を発生させるまでの間隔を500世代とした場合が最も優れていることが分かる。

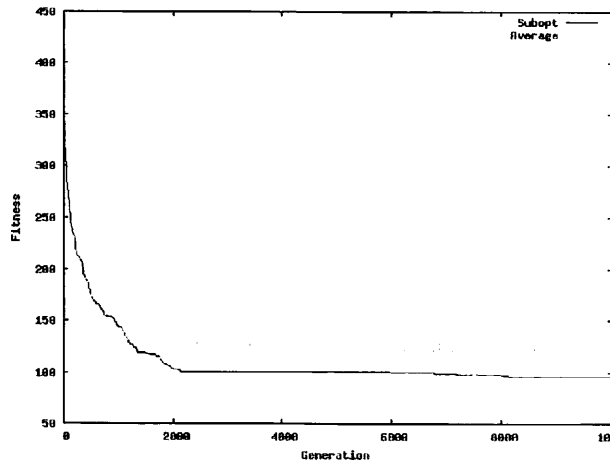


Fig.3 Results of Interval (500)

爆発的な突然変異後に通常のGA操作による平均値の安定状況から、再度局所解への収束を繰り返していることが確認できる。

次に突然変異数を5000箇所と設定したが、この効果について検証した結果を表3と図4に示す。

Table.2 Change of the Solution by Mutation

	Subopt	Average
Mutation (5000)	94	100.3
Mutation (25000)	91	99.3
Mutation (50000)	105	117.0

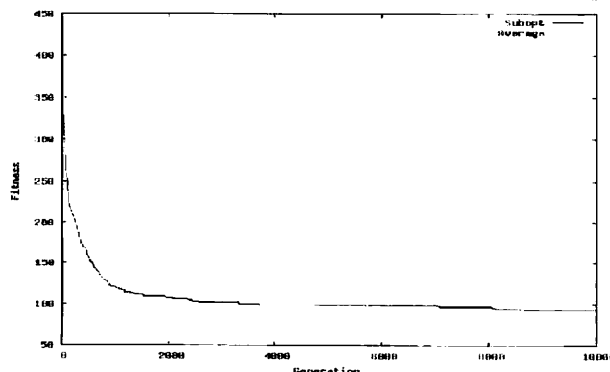


Fig.4 Results of Mutation (25000)

GAの基本設定として、1世代を1個体2600bit100個体で構成していたが、約10%程度の突然変異を実施した場合が

最も優れた結果を示していることが分かる。

3.2. 表示編集部

数値処理部より生成された結果は、残念ながら最適解を生成することはできず、多くのペナルティ(条件違反)を含んでいる。またそのデータは数字情報であり、人がそれを見て内容を理解し、編成作業することは容易ではない。そこで出力結果をブラウザ上に時間割として表示し、不具合のある科目を選択して入れ替え作業を行い、ペナルティが無い最適解まで編成するシステムを構築した。図5に操作画面の一部を示す。

クラス/時間	1	2	3
	国語	●情報処理M 情報センター 竹村	数学 I 上松
2M	加田		
	<input type="button" value="選択"/>	<input type="button" value="選択"/>	<input type="button" value="選択"/>
教員/時間			
加田	2M	2B	

ペナルティの色

Fig.5 Penalty Calculation (1)

これは2年機械工学科の月曜日1, 2, 3校時の内容である。2校時目の科目名の前の丸印がペナルティの存在を示している。このペナルティを解消するためには、まず当該のコマの「選択」のボタンを押して、次に入れ替えの相手となるそのクラス内の他の科目の「選択」ボタンを押すことにより科目の入替えが行われるというものである。

しかし、この作業自体は編成者の勘と経験による手作業で進められている状況であり、試行錯誤とならざるを得ず、効率よく編集するために図6の様な情報を付加した。

クラス/時間	1	2	3
	国語	●情報処理M 情報センター 竹村	数学 I 上松
	加田		
	pena1=0 pena2=0 pena3=0 pena4=2 pena5=0 pena6=1 pena7=9 pena8=1 penaall=13	pena1=0 pena2=0 pena3=0 pena4=2 pena5=0 pena6=1 pena7=10 pena8=1 penaall=14	pena1=1 pena2=0 pena3=0 pena4=2 pena5=0 pena6=1 pena7=9 pena8=1 penaall=14
2M			
	<input type="button" value="選択"/>	<input type="button" value="選択"/>	<input type="button" value="選択"/>

Fig.6 Penalty Calculation (2)

入れ替え対象の科目の「選択」ボタンを押すと、その科目と他の科目を入れ替えた場合のペナルティの変化情報を図6の様に表示した。これによりペナルティ総数が減少しうる科目

のみが入れ替えの対象となり、選択対象を絞ることができた。

講演会, 講演番号 911, 244/245 (2011)

さらにこの情報を活用して、自動的に『選択』対象となる科目を検索して入れ替えるシステム化まで実装した。このシステムにより自動入れ替えを実行した結果を図7に示す。ペナルティ総数が81個であったものが、この処理を5回繰り返すことにより、14個削減され67個となっている。

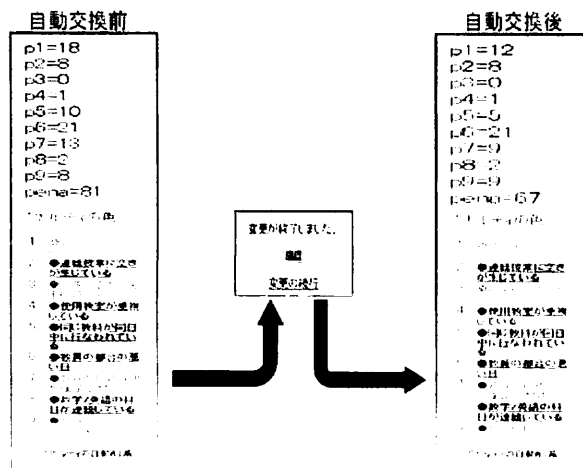


Fig.7 Flow of automatic exchange

手動入れ替えと自動入れ替えを組み合わせることで活用することにより、制約条件の(1)~(6)と(8)を解消することができたことにより、実行可能な時間割の編成することができた。(7),(9)に関しては、英語、数学などの一般教養科目の担当教員が受け持つクラス数が多いため、現行の時間割でもペナルティが発生している状況から考えて、概ね目的を達成しているものと考えている。

4. まとめ

9つの制約条件を満たす時間割を編集するためには、エクセルデータから処理に必要なデータを自動生成するデータ生成部、得られたデータから遺伝的アルゴリズムを用いて実現可能な時間割を生成するための数値処理部、ペナルティを多数含んでいる準最適解から実行可能な時間割を編集するための表示編集部の3つの部分から構成されている。

これらの時間割編成支援システムを利用することにより、現行の鶴岡高専において運用されていた時間割と同程度の時間割を編集することができた。今度さらなる改良を加えて、現在手作業で進められている時間割編成作業の負担軽減のための一助になればと期待している。

参考文献

[1]山口賢二郎, 早坂大夢, 竹村学: 時間割編成支援システムの開発, 日本機械学会東北学生会第41回卒業研究発表