

複数ステークホルダー間の利害調整と合意形成を目指した時間割編成支援システム

阪倉 秀幸* 桑原 恒夫†

概要

大学における時間割編成問題は学生、時間割作成の担当者、教員など複数のステークホルダー間で利害が錯綜する非常に複雑な問題である。本研究では様々な制約条件を4つに分類し(時間割編成上の絶対条件、教員個別の絶対条件、時間割編成上の全体的優先条件、教員個別の要望条件)、それらを満たす時間割を段階的に求めつつ、教員個別の要望条件の公平化や交渉相手発見の支援を行うシステムを提案する。さらに時間割編成の過程においてボトルネックとなっている要因の抽出も目指す。

Timetable scheduling support system with functions of adjustment and agreement between stakeholders

Hideyuki Sakakura* Tsuneo Kuwabara†

Abstract

A timetable scheduling problem in a university is the very complicated problem because there are many requirements from many stakeholders such as students, a curriculum planners, a teachers. In this study, we propose to classify these requirements into 4 categories (strong total requirement, strong individual teachers requirements, weak total requirements, weak individual teachers requirements). Thus, we search a solution to meet the requirements in order from strong total requirements, strong individual teachers requirement, weak total requirements, weak individual teachers requirements. In these process, adjustment of teachers requirements and negotiation between teachers are supported. Moreover, we intend to discover the bottleneck for timetable scheduling.

1 はじめに

大学における時間割編成は、学生、教員、カリキュラム作成者などの多くのステークホルダーが存在し、それぞれのステークホルダーの利害が錯綜する非常に複雑な問題である。時間割編成には「必修科目は絶対に同時開講できない」、「同一学年の選択科目は極力同時開講しない」などの時間割作成の担当者の要請、「この設備のある講堂を使いたい」、「1日に担当科目を集中し

て開講して欲しくない」などの教員の要望など、多くのステークホルダーが時間割に対する多様な要望、要請を持っている。このような状況の中で大学の時間割編成は、すべてのステークホルダーが納得できる時間割を組むことが求められる。

従来、時間割編成問題の研究としては様々な手法が提案されている [1]。その中で例えば西森らは山登り法を用いて制約違反を極小化するような時間割の編成を自動で行い、次いで自動で作成された時間割に対して人的に修正を加えながら時間割編成を行う方法を提案している [2]。しかしこの研究では、個々の教員の希望を時間割に反映することは行われておらず、また単純な点数付けでの最適化のために絶対に犯しては

* 神奈川大学大学院 理学研究科 情報科学専攻

† 神奈川大学 理学部 情報科学科

* kanagawa university graduate school science course of information sciences

† kanagawa university faculty of science information Sciences

ならない時間割編成上の違反を犯す可能性もある。また、教員の希望を考慮した時間割編成問題の研究例がある [3]。そこでは各教員に希望時間を直接指定させて申告させて、教員の希望する時間を反映した時間割編成を行っている。しかしこの例では各教員が各々の科目に対して希望時間を申告することはできるが、「1限はできるだけ開講して欲しくない」などの抽象概念での希望を反映させることはできない。そのため、提示した具体的な希望に拘束され、抽象概念での柔軟な解の探索を行えない。また、極めて限られた制約条件のみで最適化を行っており、時間割編成な数多くの制約条件に対応しているとはいえない。

さらに、時間割編成の過程で時間割編成上のボトルネックとなっている条件を抽出し、カリキュラム設計の変更や講堂設備の拡充などに対してフィードバックを行うことができれば、その後の時間割編成で問題を少なくできる可能性がある。しかし、そのような機能はこれまで提案されてこなかった。

本研究では、時間割編成上の様々な制約条件を満たしつつ、教員個別の要望条件の公平化や交渉相手発見の支援を行い、さらには時間割編成の過程においてボトルネックとなっている要因を抽出してカリキュラムなどへフィードバックすることで、複数のステークホルダーでの利害調整と合意形成を目的とした時間割編成システムを提案する。

2 アプローチ

2.1 複雑な制約条件のもとでの時間割の作成

本研究ではカリキュラムの策定とは科目の構成やその科目を割り当てる年次などの事を決定することと定義する。それに対して、大学の時間割編成とは決定されたカリキュラムの中で科目を実施する時間帯、教室を決定することと定義する。

時間割編成では「必修科目を同一時間帯に複数で開講できない」、「同じ学年の選択科目は同

一時間帯に複数開講しない方が望ましい」などの時間割編成上の制約条件が存在する。本研究では時間割編成上の制約を「必修科目を同一時間帯に複数で開講できない」などの絶対に犯してはならない強い制約と「同じ学年の選択科目は同一時間帯に複数開講しない方が望ましい」などのできるだけ犯していないほうが望ましい弱い制約の二つの種類に分類した。そして本システムでは強い制約を犯すことなく、弱い制約の違反をできるだけ抑えた時間割を作成できることを目指した。さらに教員個々に要望を申告させ、その要望に対する違反を出来るだけ抑えた形で時間割を編成し、かつすべての教員に要望に対してできるだけ平等に考慮するように時間割を編成することも目指した。

2.2 時間割編成上のボトルネック抽出

時間割を自動編成するにあたって時間割の解の探索上で強い障害となる条件を抽出し、これをその後のカリキュラム設計や講堂設備の更新にフィードバックできるようにする。例えば、「講堂が不足している」、「ある学年の授業の同一時間帯での開講が多い」などの時間割編成上のボトルネックとなっている情報の抽出し、カリキュラム設計者や設備担当者へのフィードバックに利用する。

2.3 教員同士での合意形成

大学の時間割編成における教員一人一人の希望内容はそれぞれ異なると考えられる。そこで自分の担当科目の時間割に問題があったときに、交渉すべき相手を自動的に発見し、教員個別間での教員同士のネゴシエーションを支援することも目的とする。

3 課題の解決方法

2.で述べたねらいを以下に示す方法で実現する。

3.1 多様な制約条件のもとでの時間割の作成

本研究では、教員の要望を制約条件に組み入れて時間割編成を行う。従って、本研究で取り上げる制約条件には時間割編成上の制約条件だけでなく、教員の要望の制約条件も存在する。

また、それぞれの制約条件には絶対に犯してはならない強い制約条件と、犯していないほうが望ましい弱い制約条件が存在する。これらを踏まえ、本システムで用いた制約条件を表1のように整理した。

それぞれの制約条件の下で時間割編成を効率的に行うために、解の探索を4段階に分けて行うことにした。各制約条件に違反点数を付加し、それをもとにしてシミュレーテッドアニーリング (以下SAと呼ぶ) で時間割の最適化を行う。

ランダムで生成した初期値に対して、第1段階では時間割編成上の強い制約条件を満たすような時間割編成を行い、第2段階で教員の要望における強い制約条件を満たすような時間割編成を行う。この段階で強い制約条件を完全に満たした時間割が生成される。この強い制約条件を完全に満たした時間割を初期値として、第3段階で時間割編成上の弱い制約条件に対する違反をできるだけ抑えた時間割の探索を行う。さらに、第4段階で教員個々の要望における弱い制約条件に対する違反をできるだけ抑え、各教員の要望に対して公平に満たすように時間割探索を行う。また、第3段階、第4段階での探索では第1段階、第2段階で使用した制約条件に対する違反、すなわち強い制約条件に対する違反は絶対に犯さないように時間割の解の探索を行う。

本システムではSAのアルゴリズムをオブジェクト指向で実装している。通常のSAでは解候補の情報をコード化して表現するが、複雑な大学カリキュラムの構造に対応するために、そのようなコード化はあえて行わずオブジェクト指向によるクラスを用いて時間割編成における解候補の情報を表現した。このクラスの構造を図1に示す。基本的には「時間割の一コマクラス」のオブジェクトに対して複数の「科目クラス」の

制約度合	制約種別	段階	違反内容
強	時間割編成	1	同一時間帯に同じ教員が2つ以上の科目を開講してはならない
			同一時間帯に同じ教室を2つ以上の科目で使用してはならない
弱	時間割編成	3	学科内の必修科目で、全ての学年の必修科目が重なってはならない
			同一の同じ学年の科目で同じ学科の科目のとき、必修と選択もしくは必修と選択必修が重なってはならない
			講堂定員が履修予想人数を下回る講堂を割り当ててはならない
	教員の要望	4	指定した曜日の指定した時限には授業を組み込まない
			非常勤講師の担当科目は2, 3限に設定する
			実験科目は3, 4, 5限に設定する
			同じ学年、同じ学科での選択科目の同時開講はしない
			同じ学年、同じ学科での選択必修科目の同時開講はしない
			必修と他学年での選択必修科目の同時開講はしない
			教員が連続で授業を行うとき、建物の移動がないようにする
一人の教員が一日に3コマ以上の講義がないようにする			
教員の要望	4	土曜日に授業は開講しない	
		土曜日に授業は開講しない	
		指定した時限には授業を組み込まない	
		指定した科目に指定した教室設備のある講堂を割り当てる	
			指定した二つの授業を連続にする

表 1: 時間割編成における制約条件

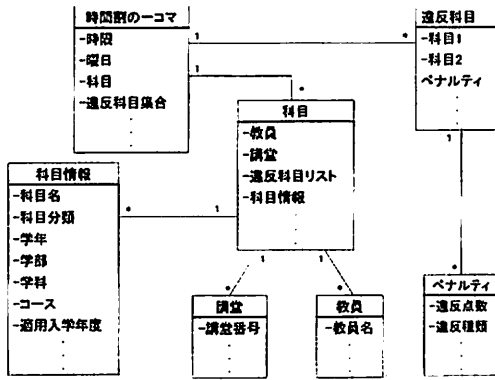


図 1: 時間割編成における情報を表現したクラス構造

オブジェクトを割り当てることで時間割表を作成する。ここで問題となる点は大学における科目は学生の属性によって科目の属性は異なることである。その具体例を以下に示す。

1. 同じ科目でも学生の入学年度や学科、コースによって、科目名や科目分類（必修科目、選択科目）が異なる
2. 同じ科目名であるけれども、学科が異なるとまったく別の授業として開講される（開講される時間帯、講堂、担当教員が異なる）

これらの事柄に対応するために担当教員と開講講堂の属性を持った「科目クラス」に学部、学科、コースや入学者適用年度などの科目の詳細情報を属性として持つ「科目情報クラス」を一对多の関係で関連付けた。「科目情報クラス」のオブジェクトでは、適用入学年度、学科、コースごとにそれぞれの科目名や科目分類などの属性を保持している。これにより 1 の問題は解決される。また 2 のケースは、全く別の「科目クラス」のオブジェクトとしてそれぞれの授業を設定することで表現することができる。また、教員や講堂もクラスとして表現し「科目クラス」のオブジェクトに保持させた。

また大学では、カリキュラム構成の改正や教員の変動、教室や教室設備の追加などが常に生じる。このオブジェクト指向による SA の実装

は、情報の表現のしやすさだけでなく、このような大学のカリキュラムの構成や講堂、教員が変更された場合の修正を容易にし、なおかつ様々な大学にも容易に適応できる。また、ペナルティ自体も「ペナルティクラス」として実装しているため、ペナルティを追加することも容易に行える。これにより違反点数や制約条件自体の追加、変更が容易に行え、時間割編成上の様々な要求条件の変更に対応することができる。

3.2 時間割編成上のボトルネック抽出

解の探索上で強い障害となる条件を抽出するために、自動編成された時間割の制約条件に対する違反を「違反科目クラス」のオブジェクトとして時間割表に持たせそれを違反の種類別に集計し表示する。これにより、例えば「このカリキュラムでは理学部情報科学科 2 年の選択科目同士の同一時間帯での開講が多い」、「教員の希望する講堂がある講堂が不足している」など情報を得ることができる。これにより、カリキュラム編成の見直しや講堂の設備計画に役立てられると考えられる。

また抽出されたボトルネックを基にしてボトルネックとなる要因を排除するためにはどうすればよいかをシミュレーションによって明確化することも可能となる。具体的には、仮想的にカリキュラムの構成の変更することや教室、教員を追加、変更して、時間割を編成してみることで違反がどの程度解消されるかを検証する機能を作成する。これによって、例えば「情報科学科の 2 年次の選択科目の同時開講が非常に多い」という時間割編成上のボトルネックが抽出されたとき、2 年次の選択科目のいくつかを 3 年次に移動させることで、全体的な違反がどのように変化するかをシミュレーションすることができる。これによって、時間割編成における様々なボトルネックの明確化に寄与し、今後のカリキュラム構成の見直しや講堂、講堂設備の追加、教員の追加などの検討に役立てられると考えられる。

3.3 教員同士での合意形成

あらかじめ教員の要望となりうる項目を用意しておき、各教員が自分の希望する項目を選択することで、要望を申告させる。要望の申告は全ての教員で平等になるように同じ点数の持ち点を持たせ、それを各教員が選択した要望の項目に対して持ち点を配分し要望を申請する。この各教員の要望をもとに時間割探索の第4段階を行うことで、各教員の要望をできるだけ公平に考慮した時間割編成を行う。

自動編成によって作成された時間割において個々の教員が自分の担当科目の配置に納得できない場合のために、時間帯や講義講堂の移動を申請できるようにする。その際に移動して強い制約違反を犯さないような時間帯を表示させることで、個々の教員の担当科目の移動をシステムが支援する。教員が担当科目の配置の移動を申請した場合、その情報は時間割作成の担当者のもとに送信され、諾否を入力できるようにする。さらに、科目の単純な移動で教員が納得できる配置にならない場合のために、他の教員の担当科目と配置の交換を行えるような機能を用意する。このときシステムは、交換することによって自分の違反が解消され、かつ強い制約違反を犯さない科目とその科目の担当教員を提示することで支援を行う。他の教員の科目との配置交換が申請された場合、時間割作成の担当者や交換を申請した相手にメッセージが送信され、諾否を入力できるようにする。

4 これまでの開発内容

4.1 実現機能

現段階までで、組み入れた制約条件の下で上記の4段階で時間割を自動編成するプログラムを作成した。このプログラムはモジュールとしてシステムに組み込めるように設計しており、今後作成するシステムに時間割作成のエンジンとして組み込む予定である。

4.2 試行結果

作成した時間割自動編成のプログラムを検証するためにテストデータを用いて試行した。テストデータは神奈川大学理学部情報科学科の2004年度前期の科目を用いた。その結果、第一段階と第二段階では、強い違反を極力犯さないように初期温度と冷却速度、終了温度に設定すると、強い違反はほぼ確実に強い違反を抑えることができた。また、第三段階、第四段階では適当な温度設定で実行することで、最初に1300から1500点前後の違反点数であるものが200点強まで違反点数を減少させられた。また、pentium4の3GHZのCPU、メモリ2GBのマシンでこのプログラムを実行させたところ、SA自体の実行時間については第一段階から第四段階までで2分30秒程度で行える。

5 今後の開発計画

今後はシステム全体を設計しつつ、その上で未実装の機能を実現する。さらに実際にどのように運用されるかをこのシステムを試行することで評価する。

5.1 ボトルネック抽出機能

時間割編成上のボトルネックとなる要因を抽出するためにはどのように情報を集計して表示する必要があるのかを検討する必要がある。また、ボトルネック抽出機能の一部である「カリキュラム構成変更及び、仮想的な講堂や教員の追加によるシミュレーション機能」についても、分析、設計及び実装を行う。

5.2 教員同士の合意形成のための支援機能

今後、教員が担当科目の配置を移動、交換を申請するためにはどのような情報が必要なのかを検討する。教員が担当科目の配置を移動や交換を行うためには時間割表、移動することによる影響、交換相手の情報などの様々な情報を分

かりやすく教員に伝える必要がある。そのため
のG U I の設計についても検討する必要がある。

6 まとめ

本研究のシステムは単に時間割編成上の制約条件を満たすような時間割を作成するだけではなく、教員の要望を考慮した時間割作成を行うことができる。さらに、時間割編成後に教員個々で自分の担当科目の配置の移動や他の教員との交換を支援することで、教員同士がより納得できる時間割編成を目指す。また、時間割編成上のボトルネックとなっている要因を抽出して、今後のカリキュラム編成や講堂設備計画にフィードバックをかけることを目指す。さらに仮想的にカリキュラム編成を変更したり講堂や教員を追加して時間割編成をシミュレーションすることによって、ボトルネックの解決策を探索する。また、時間割編成プログラムをオブジェクト指向を用いて分析及び設計、実装したことにより、大学の時間割編成における複雑な情報を柔軟に整理することを可能にした。このことにより大学のカリキュラムの構造が変更された場合の拡張や様々な大学に合わせて適応する場合にも容易に対応できると考えている。

参考文献

- [1] 田中雅博;メタヒューリスティック手法による時間割編成の自動化; システム/制御/情報,vol45, No12, pp.725-732(2001)
- [2] 西森雄一, 加納均, 西原清一:制約に基づく対話型時間割編成システム; 情報処理学会論文誌,vol38, No6, pp.1094-1102(1997)
- [3] 田中雅博, 山田真理:希望を考慮した多目的時間割問題の解法; システム制御情報学会論文誌,vol12, No2, pp.90-97(1999)