

M 個別指導塾における講師割当て作業に関する研究

常陸 徹 (沼田 一道 准教授)

1 はじめに

1.1 本研究の背景

近年小児化が進む中、塾間での生徒獲得競争は厳しくなっている。そのため、それぞれの塾は独自の特色を打ち出して競争に臨んでいる。様々な指導形態も特色を打ち出すための努力の1つであるが、私は「個別指導」という特色を打ち出した M 塾で働いている。M 個別指導塾は最寄り駅から徒歩3分の場所にあり、生徒数約100人、講師数約30人という規模である。月曜日から土曜日まで週6日開講しており、1日に1コマ90分の授業を3コマ行っている。1コマには、講師1人が小学生から高校生までの生徒2~4人を指導するという授業単位を多数収容する形で行われる。このような形態の M 個別指導塾では、週ごとに講師を割当てるという作業が必要であり、1週間分の講師の割当てを手作業で行っている。これは、講師全員が大学生あるいは社会人アルバイトであるため、毎週同じ曜日や時間帯に出勤できるとは限らないからである。さらに、現在は在籍講師数が増加の傾向にあり、そのため割当ての複雑さが増して、割当て作業に要する時間も増加している。その結果、毎週の割当て作業は負担の大きいものとなり、良い割当てを作成し難くなっている。

1.2 本研究の目的

本研究では M 個別指導塾における1週間のシフトの作成を数理計画問題として定式化し、より良い割当てを求める方法を提案する。具体的な目標としては、講師の負担を軽減する割当てと、塾の立場に立つただけ少ない講師で済ませる割当てを考える。2目標を考慮した割当てを作成し、その有用性を検討する。

2 現在の割当て作成の問題点

在籍講師数が27人と一週間の授業コマに比べて多く、さらには担任制の塾ではなく各コマで教える生徒が違うので、手作業で割当てを行うのは難しい。現在は前の週のスケジュールを基に、一部変更することで翌週のスケジュールを作成している。しかし週ごとの生徒の人数と講師の出勤可能コマが異なるので、1日に1コマしか働けない講師が出ることや、指導可能科目との兼ね合いで無駄に講師を出勤させてしまい、講師にとっても塾にとっても負担のかかる割当てになってしまうこともある。

3 問題整理

3.1 本研究で扱う問題

M個別指導塾では、担当講師以外の時間割(各曜日の、各コマに受講する生徒とその教科)は決まっている。実際は生徒の都合により多少変更になる場合もあるが、本研究では固定と考える。本研究で扱うのは既に決まっている教科(生徒)に対して、担当講師を割当てると問題である。

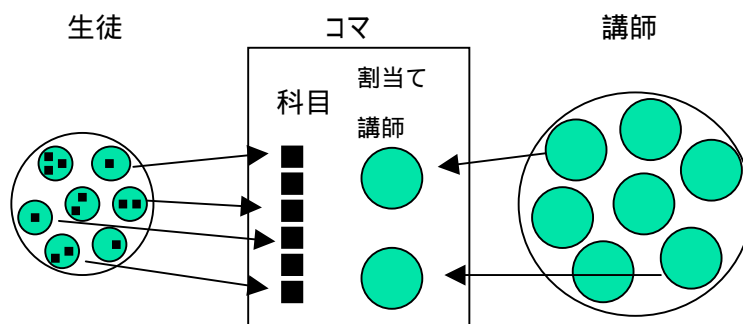


図1 問題の概要

3.2 良い割当てとは

本研究で扱う問題においては、「最適な割当て」を考えること自体が難しい。なぜならば、塾経営者、在籍講師、生徒の各立場から見た「良い割当て」は対立するところがあるからである。ただし、M塾では生徒の要望を聞き入れて割当てを作成することは少ないので、本研究では生徒の要望は扱わない。まず、講師側から見た良い割当てを、1日に1コマしか働けないような割当てが少ないものとする。すなわち、出勤効率が良いということである。このような割当てを得るためには、曜日ごとの出勤講師数の週合計を最小化すれば良い。こうすることにより、1日に1コマしか働けないという非効率な勤務を減らすことができ、講師の満足度が上がり、仕事へのモチベーションも高まると考えられる。

次に塾側から見て良い割り当てを、各コマへ割当てた講師数の総計が少ないものとする。塾は講師に対してコマごとに給料の支払いをしているので、割当て延べ講師数を減らすことにより、人件費の削減になる。

3.3 定式化

本研究で扱う問題を定式化する。決定変数は3つある。講師を各コマに割当てることを x_{jlh} 、割当てられたコマで、科目ごとの生徒を教える人数を y_{jklh} 、各曜日に講師が出勤することを z_{jl} で表した。

$$x_{jlh} = \begin{cases} 1: \text{講師 } j \text{ を } l \text{ 曜日 } h \text{ コマに割当てる。} \\ 0: \text{講師 } j \text{ を } l \text{ 曜日 } h \text{ コマに割当てない。} \end{cases} \quad z_{jl} = \begin{cases} 1: \text{講師 } j \text{ が } l \text{ 曜日に出勤する。} \\ 0: \text{講師 } j \text{ が } l \text{ 曜日に出勤しない。} \end{cases}$$

y_{jklh} : 講師 j が l 曜日 h コマに k 科目を教える生徒の人数 (0 ~ 4)

次に入力データである。入力データには講師と生徒の特性を表すものがある。講師の指導科目を表したものが a_{jk} 、講師の割当て可能コマを表したものが b_{jlh} 、生徒がどのコマにどの科目を受講しに来るかを r_{klh} で表した。

$$a_{jk} = \begin{cases} 1: \text{講師 } j \text{ が科目 } k \text{ を指導可能。} & r_{klh} \text{ } l \text{ 曜日 } h \text{ コマに } k \text{ 科目を受講しに来る生徒の数} \\ 0: \text{講師 } j \text{ が科目 } k \text{ を指導可能でない。} \end{cases}$$

$$b_{jlh} = \begin{cases} 1: \text{講師 } j \text{ が } l \text{ 曜日 } h \text{ コマに割当て可能。} \\ 0: \text{講師 } j \text{ が } l \text{ 曜日 } h \text{ コマに割当て可能でない。} \end{cases}$$

これらの記号を用いて本研究の問題を定式化したものが以下である。

目的関数

$$\min \sum_j \sum_l z_{jl} \quad (1)$$

(1) 曜日ごとの述べ出勤講師数を最小にする。

$$\min \sum_j \sum_l \sum_h x_{jlh} \quad (2)$$

(2) 各コマへの述べ割当て講師数を最小にする。

$$\text{s.t. } x_{jlh} \leq b_{jlh} \quad (3)$$

$$z_{jl} \geq x_{jlh} \quad (4)$$

$$y_{jklh} \leq 4 a_{jk} x_{jlh} \quad (5)$$

$$\sum_k y_{jklh} \leq 4 \quad (6)$$

$$\sum_j y_{jklh} = r_{klh} \quad (7)$$

$$\sum_l \sum_h x_{jlh} \geq 1 \quad (8)$$

(3)講師は割当て可能なコマにしか割当てできない。

(4)ある日に割当てられているならばその日は出勤している。

(5)講師があるコマに指導する人数は、指導できる科目ごとに4人以下である。

(6)あるコマに指導できる生徒の数は4人までである。

(7)あるコマに来る生徒の数と講師が指導する数は同じである。

(8)全ての講師は1週間に1回は授業を行う。

4. 求解の方法

まず、上記定式化をモデル記述言語 GNU MathProg[3]で記述し、フリーのソルバーGLPK[3]に入力して解いてみた。記述はモデルファイルとデータファイルに分割して行った。a(27×11), b(27×6×3), r(11×6×3)から成るデータファイルはMicrosoft Excelを用いて手作業で作成した。実際に解かせてみると、GLPKでは小さな問題しか扱えないことが分かった。そこで、a(3×5), b(3×2×3), r(5×2×3)のデータファイルでモデルファイルの正しさを(GLPKで)確認した後、GLPKのコマンドラインで、(GLPK用の)モデルファイルとデータファイルをCPLEX形式(lpファイル)に変換し、それをCPLEX[4]に入力して最適解(厳密解)を得た。

5 実験

前節で述べた方法で、CPLEX[4]により最適解を計算する。ソルバーは一般に複数の目的関数を扱えないので、二つの目的関数をそれぞれ別々に解いたものと、二つの目的関数の重みつき和を目的関数として解いた。重みは、まず、延べ割当て講師数：延べ出勤数の比を1：1としてみた。これらの重み付けは経営方針によって変化させることができる。

6 結果と考察

講師27人分の指導可能科目と割当て可能コマと各コマにおける各科目の受講を希望する生徒の人数から成るデータファイルの作成には1時間程度かかった。CPLEXの求解時間は約2時間程度であった。よって、データの入力、結果の出力、割当て表作成を含め約3時間あれば割当て作業を行うことができる。現状(手作業)では10時間以上かかっているため、負担の軽減が期待できる。得られた「最適割当て」の各目的関数の値を表1に示す。

表1 実験で得られた目的関数

表1により現行の割当てと本研究で作成した割当ての比較を行う。結果を見てみると重み付けを1：1で行った延べ割当て講師数と延べ出勤講師数が、それぞれを単独で目的関数として最小化した場合の値と同じになった。

	延べ割当て講師数	延べ出勤講師数
現行の割当て	83	38
延べ割当て講師数を最小化	66	48
延べ出勤講師数を最小化	81	30
重み付け(1:1)	66	30

これは2つの目的関数が互いにほとんど反発することなく最小化が行われているからだと思われる。本研究で取上げた2つの目的関数は、多少は互いに反発すると思われるが、試用したデータにおける各講師の割当て可能コマが少ないことや指導可能科目に対する制約が緩いことが原因で、ほとんど反発しなかったのだと考えられる。夏季講習の時期など講師の割当て可能コマが多い時期の割当てや、指導可能科目を指導が得意な科目だけにするといったデータで実験をすると結果は変わるのではないと思われる。

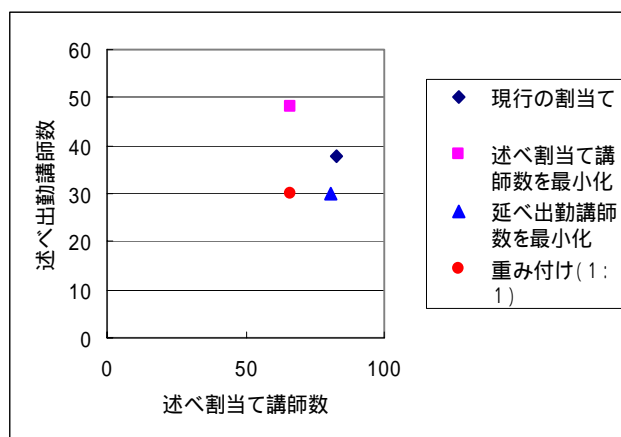


図2 実験で得られた目的関数値

現行の割当てと比べると、延べ割当て講師数、延べ出勤講師数の値共に、数理計画で求めた本研究の結果の方が優れていた。この割当てを採用すれば、塾の運営に支障を与えることなく、延べ割当て講師数と延べ出勤数を減らすことが出来ると考えられる。しかし、結果として得られたシフトを見てみると、各講師の割当て回数に偏りがあったり、ほとんどの講師が1コマに4人生徒を担当するなど、実際のシフトとして使った場合、講師から不満の声が上がると思われる点は何点か見受けられた。更に、現行の割当てでは数値では表せない指標（生徒と講師の相性など）も重視して割当てを行っている可能性もある。

7 まとめ

本研究では、講師の負担の軽減と無駄な人件費の削減を目標にしたシフトを作成する手順を提案し、実際のデータに適用し、「望ましい」シフトの作成が簡単に行えることを確かめた。シフト作成者は、今まで多くの時間と労力を費やしてきた作成の手間を省くことができるため、他の業務に割く時間が増えることになる。

実際に作ったシフトを仕事場に持って行き、現在のシフト作成者に見せたところ、いくつかの問題点を指摘された。まず、現場では生徒からの要望（女性の講師や優しい講師が良いなど）があったり、生徒と講師の相性がある。また、講師の指導科目の中の得意科目と苦手科目の区別をつけていないことや、1コマに4人教えることが難しい講師がいるということもあるため、授業の質が下がる恐れがある。更に、シフト作成者は、前の週のシフトとの兼ね合いでシフトを増やしたり、減らしたりと臨機応変にシフトを作成している。これらの問題に対処するためには、ソルバーで求めた割当て案を土台として、最終的には現場で働いている人間が関与して手を加える必要があることも分かった。これらの作業を支援するような手順を考えることは今後の課題である。

主要参考文献

- [1]花本 俊也：M テニススクールにおける担当コーチ割当て問題，東京理科大学卒業抄録集（2006）
- [2]今野 浩：数理計画決定法入門キャンパスのOR，朝倉書店（1992）
- [3]glpkで楽しく最適化しよう：http://mukun_mmg.at.infoseek.co.jp/mmg/glpk/index.htm
最終閲覧日 2008 12/21
- [4]宮代 隆平：ILOG CPLEX 10.1，初級トレーニング