

博士・修士論文審査会のスケジュールリングツールの開発

寺山 智春

東京大学理学系研究科物理学専攻技術室

1. はじめに

東京大学理学系研究科物理学専攻の修士論文・博士論文審査では、学生ごとに審査会が開かれ、各会3-5人の教員が審査にあたる。3月の定期修了を予定する学生の審査会では例年、年始から1月下旬まで2-3週間の中で、審査対象の学生は約150名に上り、審査員となる教員は専攻内外から150名以上となる。この大規模な審査会を、事前に調査した教員全員の出席可能日を反映させながら手作業で日程調整することは大変な労力である。運営を担う物理教務にかかる負担は膨大なものとなっており、日程調整のためのツールの開発が望まれていた。そこで、日程調整を数理的な問題として設定して解くスケジューラーを開発し、教務のWebシステムに組み込みこむことで、審査会運営の支援を図った。

2. 問題のモデリング

日程調整の問題は、以下のような数理的な形式に設定できる。なおこの定式化は文献[1]を大きく参考にしている。また以下に述べる定式化は実際の実装を一部簡略化していることを付記する。以下、審査会の開催可能日と時刻の組を slot と呼ぶ。 N_{comm} 名の教員 (co_1, co_2, \dots) と N_{stu} 名の学生 (st_1, st_2, \dots)、全 slot 数 N_{slot} に対して、 N_{comm} 行 N_{slot} 列の行列 $X = (x_{ij})$ と、 N_{stu} 行 N_{slot} 列の行列 $Y = (y_{ij})$ を定義し、その成分はすべて0または1であるとする。行列 X, Y の行には各教員と学生を対応させ、列には slot を対応させる (図1)。スケジューリングの問題は、各学生と教員の行に対し、審査会に参加する slot に対応する列のみ1となり、それ以外は0となる行列を、制約条件の範囲内で最適化する問題となる。

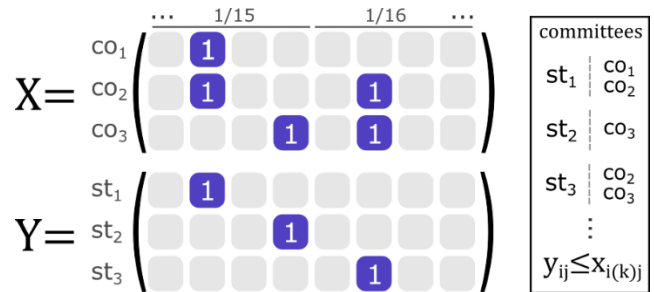


図1 モデリングの概念図

ここで、現実的な制約条件が X, Y に対して線形の等式、不等式で表現できることに注目する。例えば学生 st_i の審査員に割り当てられた教員 $co_{i(1)}, co_{i(2)} \dots$ には、

$$\forall j \in [1, 2, \dots, N_{slot}] \quad y_{ij} \leq x_{i(0)j}, x_{i(1)j} \dots$$

が必要条件となる。このような条件のセットを、解の十分条件となるようにデザインする。

また、配置に当たって望ましい要件なども、その多くは X, Y に対して線形な形のスコアとして表現ができる。例えば slot に対して、 N_{slot} 列のベクトル $w = (w_1, \dots, w_{N_{slot}})$ で重みをつけた

$$z = \sum_i^{N_{slot}} w_i \sum_k^{N_{stu}} y_{ki}$$

という量を最適化のスコアとすることで、年始や期間終了間際の審査会をできる限り避けることができる。

以上のような0, 1のみを成分とする行列(ベクトル)の、線形の制約の下での線形のスコアの最適化は、典型的な組み合わせ最適化問題である^[2]。この種の問題は古くから研究がなされ、数多くの効率の良い探索アルゴリズムやライブラリが知られている^{[2][3]}。

3. 構成したシステムの概要

本問題のソルバーの開発には、PuLP^{[1][4]}というPythonのモジュールを利用した。PuLPはcbc^[5]などの数理計画ライブラリのラッパーとして問題に

応じて適切にライブラリの呼び出しを行うなどの利便性を提供し、加えて問題設定を直観的に行える優れたインターフェースを持つ点で、プロトタイプングにも優れたライブラリとなっている。実際に、筆者は数理計画が専門ではないが、中核となるスクリプト作成を計画からチューニングまで約2週間で概ね完了した。



図2 スケジューラーに調整結果を表示させた例

開発したソルバーを論文審査会の Web システムのバックエンドに配置し、スケジューラーを構成した(図2)。システムは、データベースから学生・教員の情報を、管理画面のフォームから審査会情報を取得し、ソルバーと JSON で入出力を受けわたす構成とした。

4 達成された業務改善

スケジューラーの初稼働となった2024年1月の論文審査会では159名の学生と169名の教員が該当者となった。例年この規模の審査会の日程調整には手作業で1-2週間を要していたが、本システムによりスケジュールの素案の作成が10分程度にまで短縮した。これにより学務業務の大幅な軽減を達成した。これは調整の時間を削減したほか、全審査会に部屋を割り当てたことにより、個別の審査の部屋の確保の手間を省けたことも成果に挙げられる。加えて重みづけを調整してシミュレーションのように運用することを可能にし、審査会全体の期間短縮などを検討する余裕が生まれた点は特筆に値する。

5 そのほかの作業

本スケジューラーの開発は、教務の Web システム全体の不具合や UI の要改善点に対する改修業務の一環として行われた。またこの改修に伴う変更点などを反映した Web マニュアル作成を、スケジューラーのマニュアル作成と並行して行った。

6 まとめと展望

論文審査会の日程調整を数理的に定式化し、数理計画ライブラリを用いてこれを解くことで、学務の業務を大幅に軽減することに成功した。2024年1月から2025年1月までに、スケジューラーは定期修了の審査会2回を含め複数回稼働したが、審査会はスムーズに進行し、専攻の教職員から高評価を得ている。

今回用いたような数理的な定式化は、アイデア次第で他の様々な業務にも応用できる可能性を有している。その際の技術的な障壁は扱いやすいライブラリの存在によって下がっているため、本件のみならず今後も多様な業務改善への活用が期待できる。

参考文献

- [1] 岩永二郎, 石原響太, 西村直樹, 田中一樹「Pythonではじめる数理最適化」オーム社(2021) 40-62
- [2] 福島雅夫「新版 数理計画入門」朝倉書店(2011) 152-153
- [3] 茨木俊秀, 福島雅夫「最適化の手法」共立出版(1993)78-81
- [4] PuLP – PyPI, <https://pypi.org/project/PuLP/>
- [5] COIN-OR, <https://www.coin-or.org>

謝辞

本プロジェクトは物理学専攻の小林健介教授および物理学教室教務と連携しながら進めた。

