

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350435

研究課題名(和文)勤務スケジュールリング支援環境の構築：最適化モデルの自動修正

研究課題名(英文)Development of staff scheduling support environment :Automatic modification of optimization model

研究代表者

池上 敦子 (Ikegami, Atsuko)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：90146936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、勤務表作成者が潜在的に抱えている制約条件や評価尺度を勤務表に反映できる仕組みを構築することで、納得感を得る勤務表を短時間で作成できる環境実現を目指す。ナーススケジュールリングにおいては、各ナースの実行可能スケジュールを含むネットワークを利用して最適解の列挙を行い、それらの関係性をグラフ表現することにより良解空間の把握を可能にした。教員のスケジュールにあたる学校の時間割作成についても、複数の最適化モデルを構築して求解速度を比較評価した。そして、潜在的に考慮されている制約条件や評価尺度を把握し、時間割に反映しやすいモデルを検討した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aim to implement an environment to help schedulers create schedules involving constraints and associated latent priorities. In nurse scheduling, we enumerate many optimal solutions using networks of feasible schedules of nurses, and present the good solution space by graphically representing the schedule relations. This helps schedulers to understand the modifications possible for a given schedule. In school timetabling (teacher scheduling), we constructed multiple optimization models and compared the speed among them. We then examined a model that makes it easy for the timetable to include constraints with latent priorities.

研究分野：組合せ最適化

 キーワード：勤務表作成
 モデル構築
 スタッフスケジュールリング ナーススケジュールリング 時間割作成 列挙 解空間 履歴

1. 研究開始当初の背景

医療、介護を含む、広い意味でのサービス業では、限られた人的資源の下で質の高いサービスの提供が求められることから、勤務スケジュールが大きな役割を果たす。特に、人命に関わる業務では失敗が許されず、勤務スケジュールには細心の注意と多くの労力・時間が費やされている。

勤務スケジュール問題は、サービスの質の維持とスタッフの労働負荷の平準化を十分に考慮する必要があるため、非常に多くの種類の制約条件を持つ計算困難な組合せ最適化問題となることが知られている。

近年の最適化ソルバーの性能向上に伴い、勤務スケジュール問題もモデルを与えることができれば求解可能になった一方で、モデル化自体の難しさは残されたままである。アンケート調査や聞き取り調査など多大な労力と時間を要するだけでなく、勤務表作成者ごとに抱える潜在的な制約条件や評価尺度などの暗黙知の全てを明らかにすることが困難だからである。また、勤務表作成においては、様々な視点から勤務表を見直して修正する作業を繰り返すことで「納得感」を得ることが重要であり、ソルバーが与えた勤務表が、与えたモデル的に最適であっても、「納得感」を与えない限り現場で直接利用されることはない。

以上のことから、勤務表作成支援システムが多数公開されているにも関わらず、医療、介護、その他、多くのサービス業の現場では、人間が頭を悩ませ、手作業で勤務表を作成する状況が続いている。同様に、スケジュールが与える教育の質が問われる学校時間割作成においても同じ問題を抱えている

2. 研究の目的

本研究は、勤務表における効率良い修正作業を支援するシステムの構築と、「潜在的な制約条件や評価尺度」を抽出して最適化モデルを自動修正するシステムの可能性を探

り、「納得感」を得る勤務表を短時間で作成できる環境実現を目指すものである。

勤務表作成者が持つ「潜在的な制約条件や評価尺度」を満足する勤務表に修正するためには、最適化モデルにおける最適解を1つ(もしくは少数)出力するだけでは不十分であり、様々な可能性を検討できる多くの解を与える必要がある。本研究では、これを実現し、効率良い修正作業を支援するシステムを構築するために、勤務スケジュール問題において1人のスタッフの全スケジュール候補簡潔に表現する手法や、スタッフ間の競合関係を把握、評価できる方法を提案する。

さらに、与えた最適化モデルを自動修正するシステムの開発するためには、勤務表作成者自身も完全には把握・意識していない制約条件の優先度の高低を明確にして勤務表に反映する必要がある。過去の勤務表から望ましい勤務パターンを抽出し、最適化モデルに現れなかった「潜在的な制約条件や評価尺度」を把握するとともに、それらを勤務表に反映する手法の提案を目指す。

3. 研究の方法

ナーススケジュール問題を対象にして、ナース毎に、全スケジュール候補を含むネットワークを構築する、ネットワーク中のノードは数日間の部分スケジュールとし、その連結性をアークで表すことで、スケジュールを表現できるようにする。さらに、ナース間の競合関係を把握するために、与えた勤務表における、各ナースの各スケジュールや部分スケジュールを評価できる手法を開発し、勤務表作成者がナース制約(各ナースのスケジュールに関わる制約)とシフト制約(各シフトにナースを揃える制約)を同時に確認しながら勤務表を修正できる環境を実現する。

一方、多くの現場の勤務表作成者にとって、膨大な数のスケジュール候補の中から望ましい勤務パターンを直接抽出することは容

易ではない。そこで、過去の勤務表に現れた各スタッフのスケジュールが「望ましい勤務パターン」で構成されていると仮定することで、各スタッフのスケジュール候補の望ましさを評価する。具体的には、過去の勤務表に多く現れた各スタッフのスケジュールを「望ましいスケジュール」とみなした上で、各スタッフの「望ましいスケジュール」との近さで、全体の勤務表を評価することを考える。過去の複数の勤務表を観察し、その傾向を新しい勤務表に反映することに取り組む。

4. 研究成果

ナーススケジュールリングについては、各ナースの全スケジュール候補を含むネットワークを構築することで、与えた目的関数に対する最適解を列挙する仕組みを可能にし、数1000万の最適解の列挙を行った。列挙された最適解の共通点を分析し、解修正における「潜在的な制約条件や評価尺度」の反映を支援できる「良解空間の提示」に成功した。さらに、最適解間の関係をグラフ表現することで、良解空間をより把握しやすい形で示すことができた。また、定式化の違いによる求解速度や振る舞いの違いも明らかにした。

飲食店や販売店等、非正規雇用のスタッフが主力の現場の勤務スケジュールリングについては、最適化モデルを提案し、そのモデルに基づく支援システムのプロトタイプを構築した。現場ごとに異なる状況や個々のスタッフの都合を1日単位のスケジュールで表現することを考え、これら単日スケジュールを組み合わせることで、現場の違いやスタッフの都合を考慮できるモデルとした。また、潜在的に考慮されている制約条件や評価尺度を探るため、過去の勤務表からその傾向を観察し、各スタッフの特徴だけでなく、シフトにおけるスタッフ組合せなどの特徴も抽出した。また、その傾向をスケジュールリング支援システムに取り込む方法を提案した。なお、訪問介護スタッフスケジュールリングのよ

うな「移動を伴うスケジュールリング」においては、移動に関わる制約の冗長さを省くことによって求解効率が高まることも確かめた。

学校教員のスケジュールリングにあたる学校時間割作成については、大学の全学部を含む英語教員割当、高校の試験監督割当、試験答案返却時間割作成、小学校の授業時間割作成を対象に、それぞれ最適化モデルの構築や求解に取り組んだ。新しいモデルを構築する際に挙げられる制約条件と、解を得てから（解を見ることによって気づいて）挙げられる制約条件があることを確認し、それらを整理ながら、求解と解の評価のための計算実験を行った。大学英語教員割当、高校試験監督割当については、簡易的な割当支援システムを構築した。高校試験監督割当支援システムについては、すでに現場で利用されている。

試験答案返却時間割作成では、最適解を高速に与えるモデル(定式化)構築に成功した。条件を変えながら繰り返し解を得ることを可能にしたことで、「潜在的な詳細制約や評価尺度」を把握し、解修正の自由度が高まる仕組みを作ることができた。

小学校時間割作成においては、学校ごとに異なる制約をカバーできる汎用的なモデルを提案した。2つの小学校に対し、モデル改善しながら複数種類かつ複数回の時間割作成を行うことにより「潜在的な詳細制約や評価尺度」を明らかにしていった。また、作成過程で明らかになる制約や評価尺度を、容易に取り込めるモデルを構築できたため、モデルにおけるハード制約、ソフト制約、パラメタに関わる自動修正の可能性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6件)

高橋香, ブルノ フィゲラ ロウレンソ, 赤池洋一, 山口梨恵, 山本剛大, 林田真治, 池上敦子, 小学校における授業時間割作成, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 査読有, 掲載待ち.

加藤拓海, ブルノ フィゲラ ロウレンソ, 池上敦子, 非線形半正定値計画問題の異なる定式化と複数アルゴリズムによる数値的比較, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 査読有, 掲載待ち.

S. Umetani, Exploiting variable associations to configure efficient local search algorithms in large-scale binary integer programs, European Journal of Operational Research, 査読有, 掲載待ち.

S. Umetani, Y. Fukushima, H. Morita, A linear programming based heuristic algorithm for charge and discharge scheduling of electric vehicles in a building energy management system, Omega, 査読有, 67 (2017), 115-122.

徳永拓真, 田中勇真, 小林隆文, 沓水佑樹, 池上敦子, 非正社員を主力とするスタッフスケジューリング 多くの現場で適用可能な最適化モデルと支援システムの構築, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 査読有, 8(2015), 57-65.

S. Imahori, Y. Chien, Y. Tanaka, M. Yagiura, Enumerating Bottom-Left Stable Positions for Rectangle Placements with Overlap, Journal of the Operations Research Society of Japan, 査読有, 57 (2014) 45-61.

〔学会発表〕(計 29件)

長谷部勝也, 野々部宏司, 池上敦子, ナーススケジューリング: 良解空間の把握, 日本 OR 学会春季研究発表会, 2017.3.17, 沖縄県市町村自治会館(那覇)

高橋香, 赤池洋一, 山口梨恵, 山本剛大, 林田真治, 池上敦子, 小学校における授業時間割作成, 日本 OR 学会春季研究発表

会, 2017.3.17, 沖縄県市町村自治会館(那覇)

梅谷俊治, 大規模な組合せ最適化問題に対する発見的解法, 電子情報通信学会総合大会, 2017.3.2, 名城大学(名古屋)

高橋香, 赤池洋一, 山口梨恵, 山本剛大, 林田真治, ブルノ フィゲラ ロウレンソ, 池上敦子, 小学校における時間割作成, 情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会」, 2017.2.28, 繋温泉清温荘(盛岡)

池上敦子, ナーススケジューリング 解修正のための情報づくり, 日本 OR 学会離散アルゴリズムの応用と理論研究部会, 2017.2.10, 成蹊大学(東京)

池上敦子, 勤務表作成と最適化モデリング, 日本 OR 学会不確実性環境下の意思決定モデリング研究部会, 2016.12.10, サムティフェイム新大阪(大阪)

橋高源汰, 伊藤靖彦, ブルノ フィゲラ ロウレンソ, 梅谷俊治, 池上敦子, 高校定期試験における答案返却時間割作成モデルの提案, 日本 OR 学会春季研究発表会, 2016.9.16, 山形大学(山形)

A. Ikegami, M. Hasebe, K. Nonobe, Finding good solution space in nurse scheduling, EURO2016, 2016.7.5, Poznan (Poland)

池上敦子, 最適化モデリングと小規模ビジネス OR, 日本 OR 学会「数理的発想とその実践」研究部会, 2016.5.21, 石川四高記念文化交流館(金沢)

長谷部勝也, 池上敦子, ナーススケジューリングにおける最適解の列挙, 日本 OR 学会春季研究発表会, 2016.3.17, 慶應義塾大学(神奈川)

高橋香, 林田真治, 赤池洋一, 山口梨恵, 山本剛大, 池上敦子, 小学校時間割作成における数理最適化モデルの構築, 情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会」, 2016.3.9, 山口健康づくりセンター(山口)

梅谷俊治,大規模な0-1整数計画問題に対する発見的解法,日本OR学会 東北支部「東北ORセミナー;若手研究交流会」,2015.11.22,東北大学(宮城)

橋高源汰,伊藤靖彦,富塚英和,池上敦子,高校定期試験の答案返却時間割の作成,スケジューリング・シンポジウム,2015.9.26,青山学院大学(東京)

橋高源汰,加藤陽平,田中勇真,袴田達雄,小河泉,坂野由紀子,池上敦子,英語教員科目割当問題の数理最適化モデルと支援システム構築,日本経営工学会春季大会,2015.5.17,首都大学東京(東京)

高橋香,田中勇真,小林隆文,沓水佑樹,池上敦子,鉄道移動を伴うスタッフスケジューリング,日本経営工学会春季大会,2015.5.17,首都大学東京(東京)

池上敦子,ナーススケジューリング,日本OR学会「安全・安心・強靱な社会とOR」研究部会,2015.4.24,政策研究大学院大学(東京)

長谷部勝也,龍前昌和,田中勇真,池上敦子,ナーススケジューリングにおける良解空間の導出,日本OR学会春季研究発表会,2015.3.27,東京理科大学(東京)

徳永拓真,田中勇真,池上敦子,非正社員を主力とするスタッフスケジューリング 多くの現場で適用可能な最適化モデルと支援システムの構築,情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会」,2015.3.4,島原文化会館(長崎)

徳永拓真,田中勇真,小林隆文,池上敦子,スタッフスケジューリング支援システムの構築,2014.9.29,スケジューリング・シンポジウム(富山)

A. Ikegami, Y. Tanaka, Network representation of subproblem solution spaces in nurse scheduling, IFORS2014, 2014.7, Barcelona(Spain)

〔図書〕(計 2件)

池上敦子 他,筑波大学出版会,サービスサイエンスの基礎 数理的アプローチによるイノベーションに向けて,2014,177-210.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池上敦子(IKEGAMI, Atsuko)
成蹊大学・理工学部・教授
研究者番号: 90146936

(2) 研究分担者

野々部宏司(NONOBÉ, Koji)
法政大学・デザイン工学部・教授
研究者番号: 40324678

梅谷俊治(UMETANI, Shunji)
大阪大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号: 80367820

田中勇真(TANAKA, Yuma)
成蹊大学・理工学部・助教
研究者番号: 90633933