

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11843

研究課題名（和文）勤務スケジュールリング 最適化アルゴリズムと現場実施をつなぐ情報提供技術の開発

研究課題名（英文）Staff scheduling: Development of information-providing technologies for effective use of optimization algorithms in the field

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：潜在的な制約や評価尺度を反映できる情報生成を目的に、最適解分布、公平性、ロバスト性の提供を議論した。

ナーススケジュールリングでは、制約式に頻出する意思決定変数の値の相違を多様性の尺度とし、多様な解を得るモデルを構築した。解間推移を2種類定義し、推移過程の解を観察した。距離ベースの推移では多くの最適解を高速に得た。多様解と類似解を統合した情報は、効率的な解修正を実現できると考える。総当たりリーグ戦やシフトスケジュールリングの公平性を対象にモデルとアルゴリズムを提案した。0-1整数計画問題に一般化した最大後悔最小化基準のロバスト最適化問題に対するアルゴリズムを提案し、Pythonパッケージを実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人が持つ暗黙知、言語化していない制約や評価尺度が存在する問題では、最適化アルゴリズムの現場利用が難しい。最適化技術（モデルやアルゴリズム）が現場で真に利用されるためには、「暗黙知をうまく反映・吸収すること」を支援できる情報が必要である。本研究は、最適解の分布（多様性と類似性）を提供して、現場における解の選択、修正、評価の可能性を広げる。加えて、解が与える公平性、解のロバスト性が、現場の意思決定を助ける。最適化研究においては、最適解を1つ得ることが一般的であり、最適解間の関係に主眼を置いた研究は少ない。多様性と類似性の視点を持って分布を議論することはユニークな試み（学術的な問い）だと考える。

研究成果の概要（英文）：We aimed to provide information for reflecting latent constraints and priorities in nurse scheduling, considering the distribution of optimal solutions, fairness and robustness.

We used value differences in decision variables appearing frequently in the formulation constraints as a diversity measure and created models that provide diverse solutions. We defined two types of transitions between solutions and observed the solution quality in the transition process. In distance-based transitions, we efficiently obtained many optimal solutions. Information from integrating diverse and similar solutions allowed efficient modifications of solutions. In soccer league matches, to fairly balance each team's load, we proposed an algorithm to minimize the total carry-over effect. For robustness, we proposed an iterated dual substitution method for a min-max regret 0-1 integer programming model that can represent scheduling problems with uncertainty and implemented a python solver using this method.

研究分野：数理最適化

キーワード：スケジュールリング 最適解の分布 多様性と類似性 公平性 ロバスト

1. 研究開始当初の背景

ナース・スケジューリング研究が日本および世界的に本格化したのは、1990年代後半である。多くのアルゴリズムが提案されるとともに、ベンチマークサイトも整い、最適化汎用ソルバーが現実的な時間で解を与えるなど、アルゴリズムの性能向上が進んでいる。しかし、その一方で、勤務表作成者が持つ暗黙知、言語化していない制約や評価の扱いが解決しておらず、与えられた最適解が採用されないことが続いている。つまり、「勤務表作成支援システムが現場で利用されない」問題は、20数年前（この問題が広く認知される前）のままである。言い換えれば、最適化技術（モデルやアルゴリズム）を含む勤務表作成支援システムが、現場で真の意味を持つ（利用される）ためには、暗黙知をうまく反映・吸収できる仕組みが必須である。

現場では、提示した解に対し「全く異なる複数の解を見てから、たたき台となる解を選びたい」、「選んだ解（たたき台）に対し、最適性を壊さず、どのような微修正が可能なのかを知りたい」という2つの要望がある。これらの要望を満たすためには、多くの最適解を得るためのアルゴリズムや、得られた解を、勤務表作成・修正のための情報として、理解しやすい形で提示する方法が必要と考えられる。最適化研究においては、最適解を高速に1つ得ることが一般的であり、最適解の間を関係に絞った研究はほとんど見られない。研究代表者の研究では、1つの最適解に対し、それと多くの共通要素を持つ「膨大な数の最適解を得る」ことに成功しているが、互いに特徴が異なる多様な最適解の列挙には至っていなかった。

サービスの質や勤務負荷の公平性やバランスにかかわるスケジューリングでは、高速な平準化機能、入力データに対する解のロバスト性が必要であることもわかっている。具体的には、小学校時間割作成研究においてソフト制約の違反度合いの総和を最小化したところ、得られた解は一見実用可能に見えたが、「1時間目や給食前に避けたい授業」の回数がクラス間で大きく異なり実用には至らなかった。そこで、違反度合いをクラス間や教員間で平準化するようモデルを修正したが、求解時間が著しく長くなった。また、現場によっては、勤務希望やサービス需要の変動に大きく影響されない解が要求される。不確実性には、確率計画法、ロバスト最適化が考えられるが、計算複雑度が高まる。研究分担者等は一般化割当問題に対する高速厳密解法および近似解法の構築に成功している。本研究も、その効果を得る可能性が高いと考えた。

2. 研究の目的

最適化技術の現場実用を目指し、暗黙知を吸収するための情報生成を目的とした。

(1) 課題1：最適解の分布（多様性と類似性）を提供する

現場における最適化技術の実用には、最適化モデルとアルゴリズムが与える最適解に対し、最適性を保持しつつ「全く異なる最適解と比べて評価する」ことと、「解を微修正する」ことが求められる。つまり、多様な解と類似な解が、解の評価と修正に大きな情報になる。

本研究で目指すのは、与えられた解に対して類似な解を数多く得ると同様、それら解と全く異なる要素を持つ最適解を数多く（互いに大きく異なるように）得ることによって、多様性と類似性の両方の情報を持つ最適解の分布を明らかにし、勤務表作成者を支援する情報として加工し提供することである。多様性と類似性の視点を持って分布を表すことはユニークな試みであり、本研究で一番力を注ぎたいテーマである。

(2) 課題2：公平性を持つ解を提供する

勤務者の負荷、サービスの質、施設負荷の平準化を高速に達成できる仕組みを提案する。

(3)課題3：ロバストな解を提供する

入力データ（勤務希望やサービス需要）の変動に大きく影響されない解が現場から求められていることに対し、一般化割当問題に対する高速厳密解法および近似解法の適用等を試みることで、その効果を観察する。

3. 研究の方法

組合せ最適化が専門である研究代表者池上と研究分担者呉は、情報提示システムのベースとなるアルゴリズムの開発、計算実験を行った。池上が研究を統括し、課題1に関するアルゴリズム構築に力を注いだ。呉は、主に情報提示システム開発に関わる情報整理と、課題2、課題3の計算実験を担当した。研究分担者伊藤は、高等学校で時間割作成に取り組んでいることから、最適化モデルが与える解と現場実用される解の比較分析を中心に、スケジュールの作成や修正に必要な情報を洗い出した。実務経験の長い研究分担者加藤は、スケジューリング現場で望まれる解を探り、負荷平準化視点で、アルゴリズムが与える解や、提供される情報を評価した。

(1)課題1：本研究で利用するモデルの見直しを行い、その汎用性と最適化ソルバーにおける求解速度を既存研究モデルと比較した。その後、①多様な最適解と類似な最適解を定義、②多様な解を与えるモデルと高速アルゴリズムを構築、③1と2の結果を基に最適解分布を表現、④情報提示システム開発に関する情報整理、という流れで研究を進めた。

多様な解の定義と、多様な解を複数得るモデルの構築のため、与えた問題例における制約式に頻出する意思決定変数を調べ、勤務表の中でどの部分に対応するか明らかにした。そして、頻出する変数の値が互いに大きく異なる解を複数得るために、同時に得る方法と、1つずつ増やしながら得る方法について計算実験を行い、解の多様性を視覚的に表すことを試みた。さらに、最適解の分布を知るために、得られた「多様な解」の間の推移を定義し、推移の過程で得られる解を観察した。情報提示システムを構築するための情報も整理した。

(2)課題2：複数の要素の値を平準化する際に利用される方法として、目的関数で対象要素のn乗和の最小化が考えられる。最適化汎用ソルバーで高速に解くことを意識し、この関数を線形区分して扱うことにした。平準化対象要素が整数であるとき、線形近似区分幅を1に設定すれば、その最適解が元の問題の最適解であることを利用する。そして、平準化を考慮しない問題（緩和問題）が比較的高速に解けることを前提に、緩和問題から得られた情報を基に、元問題の平準化対象要素の値域を絞り込むことを考えた。

具体的には、一般化割当問題を対象にして、①1より大きい区分幅で得た解に基づき、元問題の下界と上界を取得、②求解速度を落とさない平準化モデルを構築、③区分幅と値域を利用する高速発見的解法を設計、を行った。その後、サッカーリーグの対戦スケジューリングまで対象範囲を広げ、チーム負荷の公平性を評価尺度に加えたモデルでアルゴリズム構築を試みた。

(3)課題3：多くのスケジューリング問題に含まれる基礎的構造を対象に、①予定変更に対応可能な解の性質を明らかにしてモデルを構築、②汎用性の高い0-1整数計画問題を基礎問題としたロバストモデルを構築、③これらのモデルを高速に扱えるアルゴリズムを構築、を行った。

4. 研究成果

研究成果を課題ごとに報告する。

(1)課題1：計算実験を効率よく汎用的に進めるため、ナーススケジューリングの基本モデルの修正を行った。一般スタッフスケジューリングを対象に、既存研究モデルと比較実験を行ったところ、よい結果を得たので、論文[1]にまとめ、International Symposium on Schedulingで発表した（2021年6月）。1つの最適解を与えて多数の類似な最適解を得る方法を論文[2]にまとめた（2021年出版）。さらに、多様な解を得るため、対象問題例の定式化における各意思決定変数の出現頻度を観察し、頻度上位の変数の値が異なる解を「距離が離れている」と定義し、互いに距離の離れた複数解を「多様な解」として得るモデルを構築した。汎用ソルバーを利用した実験では、与えた質を守る複数の解を得ることに成功したので、論文[3]と論文[4]にまとめ、論文[3]については、International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applicationsで発表した（2021年7月）。論文[4]は2022年3月に出版された。提案した「多様な解を与えるモデル」を基に、すでに得られている解とできる限り異なる解を1つずつ増やすことにより計算負荷を削減し、解の質や相違を確認した。さらに、解の間に存在する最適解を得るために、解の間の推移方法を2つ提案した。1つ目は、定義した近傍を基に推移する方法である。推移の過程を観察した結果、解の質が大きく悪くなっていたことから、特徴が異なる最適解の探索においては、単純な局所探索では効果が出にくいと考えられた。2つ目は、解の間の距離を定義し、一方の解から他方の解まで距離を変えながら、その距離における最適解を求める方法である。この方法では、数多くの最適解を高速に得ることに成功した。多様な解の間に推移については、日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会で成果発表した[5]（2022年3月）。解間の相違度、質の推移を提示する方法も議論した。

(2)課題2：一般化割当問題を対象に、平準化対象要素の値の下限と上限が「平準化を考慮しない緩和問題」の解を基に、楕円と直線に囲まれる領域にあることを明らかにした。そして、公平さを守った解が存在する領域を把握するための手法を論文[6]にまとめ、Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applicationsで発表した。

サッカーリーグの対戦スケジューリングにおいて、各チームの負荷を公平にするための尺度と方策を考えて論文[7]にまとめた（2020年出版）。さらに、総当たりリーグ戦を対象とし、各チームの公平性を反映できる残存影響度の分析を行った。残存影響度が最小となるスケジュールを作成するために、グラフ理論の技術を利用し、効率のよい発見的解法を設計した。計算実験では、既存手法と同等以上の結果を得た。この他、一般スタッフスケジューリングの高速アルゴリズムも構築した[8]。

(3)課題3：多くのスケジューリング問題に含まれる最短路問題を対象に、アークコストが不確定な場合に対する発見的解法を提案した。ランダムグラフ、Karasanグラフを利用した3つの既存研究との比較実験を行った。提案アルゴリズムが、両方のグラフにおいて、既存研究以上によい解を得たことから、その結果を論文[9]にまとめ、Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications で発表した。さらに、スケジューリングにおける問題対象を少し広げ、処理時間の不確かさを持つ単一機械バッチスケジューリングを扱った。並列処理と直列処理のそれぞれに対して総滞留時間を最小化する多項式時間厳密解法を提案したほか、配送時刻が不確定な配送計画に対して、メタヒューリスティックを提案した[10]。また、多くのスケジューリング問題を表現できる0-1整数計画問題を対象に、「最大後悔」最小化基準の求解アプローチを提案した。提案した反復双対置換法では、最良シナリオ補

題を利用し、有効なカットを追加することで、特定問題に対する手法よりも優れた性能となったことを論文[11]にまとめた（2022年オンライン公開）。提案手法を実現したpython packageも無料公開した[12].

「最適解の特徴を分析し、多様性と類似性の観点から有効な多数最適解を提供する」といった研究が、国内外ともに存在しなかった中で、本研究は、そのスタートになる。最適解を1つ得る基本的な最適化から、1つ次元を広げた「新しい最適化」への展開につながると考えられる。

<引用文献>

- [1] N. Katoh, W. Wu and A. Ikegami, Computationally efficient and widely applicable models for nurse scheduling, International Symposium on Scheduling, online, pp. 54-59, 2021. 6.
- [2] M. Hasebe, K. Nonobe, W. Wu, N. Katoh, T. Tanabe and A. Ikegami, Generating decision support information for nurse scheduling including effective modifications of solutions, Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol.64, No.2, pp. 109-127, 2021. 4.
- [3] N. Katoh, W. Wu and A. Ikegami, Generating diverse solutions for nurse scheduling, The 27th International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA' 21), online, 2021. 7.
- [4] 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子, ナーススケジューリングにおける多様な解の生成, 情報処理学会論文誌「数理モデル化と応用」, Vol.15, No. 2, pp.1-10, 2022.
- [5] 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子, 多様な最適解の間の推移, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会 (Online) , 1-B-5, 2022. 3.
- [6] M. Itoi, W. Wu and A. Ikegami, Resource balancing for scheduling problems, 9th Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA), Ningbo, China, pp.484-486, 2019. 12.
- [7] 仲田周平, 呉偉, 池上敦子, ブレーク数最小許容HAT の一括作成とチーム割当, 日本経営工学会論文誌, Vol. 71, No. 2, pp. 58-75, 2020.
- [8] W. Wu, N. Katoh and A. Ikegami, An iterated local search heuristic for the staff scheduling problem for part-time employees in Japan, Asia-Pacific Journal of Operational Research, 20 pages, オンライン公開2021. 8.
- [9] Y. Lin, W. Wu, Y. Hu and M. Yagiura. Heuristics for the min-max regret shortest path problem under interval costs, 9th Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA), Ningbo, China, pp. 76-99, 2019. 12.
- [10] 呉偉, 林多希与, 加藤晴康, 処理時間の不確かさを考慮したバッチスケジューリング, オペレーションズ・リサーチ学会機関誌, Vol.66, No.11, pp. 714-719, 2021
- [11] W. Wu, M. Iori, S. Martello and M. Yagiura, An iterated dual substitution approach for binary integer programming problems under the min-max regret criterion, INFORMS Journal on Computing, 17 pages, オンライン公開2022. 4.
- [12] W. Wu, M. Iori, S. Martello and M. Yagiura, (2022) mmrbipy version v0.1.9. <https://github.com/INFORMSJoC/2020.0301>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 W. Wu, N. Kato, A. Ikegami	4. 巻 -
2. 論文標題 An Iterated Local Search Heuristic for the Staff Scheduling Problem for Part-Time Employees in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Journal of Operational Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S0217595921500378	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 呉偉, 林多希与, 加藤晴康	4. 巻 66
2. 論文標題 処理時間の不確かさを考慮したバッチスケジューリング	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 714-719
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子	4. 巻 15
2. 論文標題 ナーススケジューリングにおける多様な解の生成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用（TOM）	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 W. Wu, M. Iori, S. Martello and M. Yagiura	4. 巻 -
2. 論文標題 An iterated dual substitution approach for binary integer programming problems under the min-max regret criterion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 INFORMS Journal on Computing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1287/ijoc.2022.1189	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 仲田 周平、呉 偉、池上 敦子	4. 巻 71
2. 論文標題 ブレーク数最小許容HATの一括作成とチーム割当	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本経営工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 58～75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11221/jima.71.58	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hasebe Masaya, Nonobe Koji, Wu Wei, Katoh Naoaki, Tanabe Takahito, Ikegami Atsuko	4. 巻 64
2. 論文標題 Generating decision support information for nurse scheduling including effective modifications of solutions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Operations Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 109～127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15807/jorsj.64.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Dong, Y. Tanaka, W. Wu and M. Yagiura	4. 巻 14
2. 論文標題 A heuristic algorithm for the periodic vehicle routing problem with flexible delivery dates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 JAMDSM0073
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jamdsm.2020jamdsm0073	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 市来 崙治, 菊地 宥人, 高木 聡, 池上 敦子, 篠田 心治	4. 巻 70
2. 論文標題 制約を用いた効果的な組立順序の導出方法に関する研究 - 中間製品に導出に着目したアプローチ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本経営工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 71-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11221/jima.70.71	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計40件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 N. Katoh, W. Wu and A. Ikegami
2. 発表標題 Computational efficient and widely applicable models for nurse scheduling
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling (ISS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W. Wu, J. Zhang, Y. Hu and M. Yagiura
2. 発表標題 A heuristic dynamic programming method for the robust knapsack problem
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling (ISS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N. Katoh, W. Wu and A. Ikegami
2. 発表標題 Generating diverse solutions for nurse scheduling
3. 学会等名 The 27th International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA'21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W. Wu, T. Hayashi, H. Kato and L. Tang
2. 発表標題 Batch scheduling to minimize total completion time with uncertain processing times
3. 学会等名 the 31th European Conference on Operational Research (EURO) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリングにおける解の多様性と類似性
3. 学会等名 科研費・学術変革領域研究(B)「組合せ遷移の展開に向けた計算機科学・工学・数学によるアプローチの融合」公開シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリングー実用解のための情報生成ー
3. 学会等名 日本オペレーションリサーチ学会関西支部SSOR2021(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高須賀将秀, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 工事立会者手配問題に対する制約生成法に基づく厳密解法
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺本光貴, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 最大リグレット最小最短路問題に対する局所探索
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保幹雄, 呉偉
2. 発表標題 SCMOPT – サプライ・チェーン最適化ライブラリとWeb アプリ
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曹寶健, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 スポーツスケジューリングにおける対戦相手の直前対戦チームの平準化問題に対する発見的解法
3. 学会等名 スケジューリングシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤尚瑛, 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリングにおける多様な解
3. 学会等名 スケジューリング学会リスクマネジメント研究部会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子
2. 発表標題 多様な最適解の間の推移
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呉偉, 梅野慶人, 渡邊夢大
2. 発表標題 最大納期遅れ最小化基準におけるロバストバッチスケジューリング
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曹實健, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 総当たりリーグ戦における残存影響度最小化問題に対する反復局所探索法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沼口寛樹, 呉偉, 胡艶楠
2. 発表標題 機械の取替時間を考慮する多機械スケジューリング問題に対する厳密解法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリング: 多様な解と類似な解
3. 学会等名 日本オペレーションリサーチ学会中国・四国支部総会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高須賀将秀, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 工事立会者手配問題に対する制約生成法および集合被覆アプローチ
3. 学会等名 情報処理学会第137回数理モデル化と問題解決研究発表会 (MPS)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沼口寛樹, 呉偉, 胡艶楠
2. 発表標題 機械の取替時間を考慮する機械スケジューリング問題に対する動的計画法
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曹贊健, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 スポーツスケジューリングにおける残存影響度最小化問題に対する発見的解法
3. 学会等名 日本オペレーションズリサーチ学会中部支部第49回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺本光貴, 呉偉, 柳浦睦憲
2. 発表標題 最大リグレット最小最短路問題に対する反復局所探索法
3. 学会等名 日本オペレーションズリサーチ学会中部支部第49回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤尚瑛 , 呉偉 , 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリングにおける多様性を旨とした複数解生成
3. 学会等名 スケジューリング・シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池上敦子
2. 発表標題 解の多様性を考える
3. 学会等名 2020年度OR学会中部支部シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤尚瑛 , 呉偉 , 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジューリングにおける多様な解と類似な解
3. 学会等名 日本オペレーションリサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤尚瑛 , 呉偉 , 池上敦子
2. 発表標題 最適化問題における多様な解の導出
3. 学会等名 情報処理学会 第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田聖斗, 佐々木伊織, 加藤尚瑛, 池上敦子
2. 発表標題 災害時の危険度を考慮した最短経路問題
3. 学会等名 スケジューリング学会リスクマネジメント研究部会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺本光貴, 呉偉, 胡艶楠, 柳浦睦憲
2. 発表標題 最大リグレット最小最短経路問題に対する上下評価を用いた局所探索法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会第47回中部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呉偉
2. 発表標題 処理時間の不確かさを考慮する単一機械バッチスケジューリング
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会評価のOR第91回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林多希与, 唐亮, 加藤晴康, 呉偉
2. 発表標題 不確定作業を考慮したバッチスケジューリング
3. 学会等名 日本オペレーションリサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林多希与, 呉偉
2. 発表標題 不確定作業を考慮したバッチスケジューリング問題に対する多項式時間アルゴリズム
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会第48回中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林多希与, 唐亮, 呉偉
2. 発表標題 処理時間の不確かさを考慮した総滞留時間最小化単一機械バッチスケジューリング
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 呉偉
2. 発表標題 ロバスト組合せ最適化問題に対する行生成アルゴリズム
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会最適化とその応用 (OPTA) 第7回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Andrea. Pizzuti, Fabrizio Marinelli, Wei Wu
2. 発表標題 Bins and Lateness Minimization in One-Dimensional Packing Problems with Pattern-Dependent Processing Times
3. 学会等名 the 30th European Conference on Operational Research (EURO)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仲田周平, 呉偉, 池上敦子
2. 発表標題 対戦可能なブレイク数最小HAT作成とチーム割当 –J1リーグ2018の再スケジュールリング–
3. 学会等名 情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hang Dong, Yosuke Takada, Wei Wu, Mutsunori Yagiura
2. 発表標題 A New Model of the Periodic Vehicle Routing Problem with Flexible Delivery Dates and its Evaluation
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling (ISS), Matsue, Japan
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子
2. 発表標題 ナーススケジュールリングの改善モデル
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 糸井雅貴, 呉偉, 池上敦子
2. 発表標題 整数計画問題のための利用資源量平準化
3. 学会等名 スケジュールリング・シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yang Lin, Wei Wu, Yannan Hu, Mutsunori Yagiura
2. 発表標題 Heuristics for the Min-Max Regret Shortest Path Problem under Interval Costs
3. 学会等名 the 9th Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Itoi, Wei Wu, Atsuko Ikegami
2. 発表標題 Resource Balancing for Scheduling Problems
3. 学会等名 the 9th Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉偉, 林洋, 胡艶楠, 柳浦睦憲
2. 発表標題 最大リグレット最小最短路問題に対する発見的解法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子
2. 発表標題 最適解空間分析のための基礎実験
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊藤 靖彦 (Ito Yasuhiko) (50838993)	成蹊大学・理工学部・研究員 (32629)	
研究分担者	加藤 晴康 (Kato Haruyasu) (60838994)	成蹊大学・理工学部・研究員 (32629)	
研究分担者	呉 偉 (Wu Wei) (90804815)	静岡大学・工学部・助教 (13801)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------