

令和 5 年 5 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K09235

研究課題名（和文）スタッフの教育を加味した勤務スケジューリングの最適化モデルと支援システムの構築

研究課題名（英文）Construction of an optimization model and support system for radiographer scheduling considering in staff skills and training

研究代表者

日高 国幸（Hidaka, Kuniyuki）

大阪大学・医学部附属病院・診療放射線技師

研究者番号：50437430

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では、32の制約条件を基に、スキルと若手教育を考慮した放射線部門のスタッフスケジューリングモデルを構築した。本モデルでは、与えられた制約条件を全て満たし、放射線技師が制約に違反なく配置されることを確認できた。また、実際のシフトと比較して、最適化スケジューリングにより、労働負荷が低減されることが示唆された。

放射線部門のスタッフの教育計画のための中期スケジューリングについては、教育計画に対する順序制約を構成するためにペトリネットを用いた手法を提案し、グループ移動計画問題および教育計画問題として構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人材育成、教育を考慮した勤務スケジューリングの最適化モデルと支援システムを構築することは非常に重要であり、長期スケジューリングの結果を拘束条件とする中期スケジューリングモデルの構築は学術的に意義がある。人材育成は様々な分野で重要な問題であると同時に、限られた人的資源の医療スタッフの人材育成や教育は非常に時間がかかり、直接、医療サービスの質に反映される部分でもある。

スケジューリングの最適化によって人材育成の効率化や、効率のよい勤務配置が行えれば、質の高い医療サービスが提供可能となり、本研究による成果は様々な応用が期待され、実用面でも非常に意義がある。

研究成果の概要（英文）： In this research, we constructed a staff scheduling model for radiographer considering their skills and training based on 32 constraints. In this model, it was confirmed that radiographers were shifted without violating the constraints. In addition, it was suggested that the optimization scheduling model reduces the workload compared to actual shifts.

For medium-term scheduling for education planning of radiographer, we proposed a method using a Petri-net to construct order constraints for education planning as a group movement planning problem and an education planning problem.

研究分野：放射線技術学

キーワード：最適化 放射線技術 労働負荷

## 1. 研究開始当初の背景

医用画像診断装置の進歩に伴い、それを扱うスタッフの労働負荷の上昇は著しい。診断・手術・治療に質の高いサービスを提供するためには、ここに働くスタッフを最適に配置することは必要不可欠である。病院運営の長期的な安定性から、ローテーションにより新人スタッフ、若手スタッフを教育する必要性もある。また、スタッフの能力によって各モダリティの習得日数にも違いがみられる。この人材育成、教育の問題が、勤務配置を行う上でさらなる障害となっていることがあげられる。

そのため、長期的なスタッフの教育を加味した最適化モデルおよび支援システムを構築する必要がある。モダリティが異なると行う仕事も全く異なる多種多様な仕事内容の放射線部門のスタッフスケジューリングにナーススケジューリングの成果を直接適用することは出来ない。そのため、独自のスケジューリングの開発が必要である。

## 2. 研究の目的

病院で患者さんの検査、治療に使用される医用画像診断装置を扱う医療スタッフは限られた人的資源であり、多数多様な医用画像診断装置に働くスタッフを最適に配置することができれば、手術や治療に質の高いサービスの提供が可能となる。一方で、病院運営の長期的な観点ではスタッフの教育も重要な課題である。

本研究課題ではスタッフの教育を加味した、勤務スケジューリングの最適化モデル、効率のよいアルゴリズム、支援システムの構築を行う。さらに、実現場における実用化の可能性も検討する。

## 3. 研究の方法

スケジューリングモデルを構築するためには、「絶対守るべき条件」と「できれば守りたい条件」の洗い出しが必要である。当院の状況を基に、現状と問題点を明らかにする。同時に、各モダリティでの各スタッフの鍛練期間と能力を調査し、鍛練期間と能力の関係を明らかにする。

次に、スタッフ教育の観点からの長期（半年から数年程度）スケジューリングモデルを構築する。そして、その解を拘束条件とする中期（1ヶ月間）スケジューリングモデルを構築する。この時、電子カルテ等の病院情報システムが持つ情報を利用し、予約件数や予約内容などの情報を利用した効率的なスケジューリングが出来るよう検討する。提案するスケジューリングモデルに対するアルゴリズムを開発し、プロトタイプ支援システムを構築する。

## 4. 研究成果

### (1)

2017年度では、研究代表者によって、所属する病院での放射線部門のスタッフのスケジューリングの現状と問題点を明らかにした。「絶対守るべき条件」と「できれば守りたい条件」の洗い出しを行った。スケジューリングモデルを構築するためには、「絶対守るべき条件」と「できれば守りたい条件」の洗い出しが必要である。放射線部スタッフスケジューリングにおける現状と問題点を把握することはスケジューリングアルゴリズムを開発するために非常に重要である。これは勤務スケジューリングの最適化モデルの開発と支援システムの構築には重要な拘束条件となる。当病院での状況を参考に32の拘束、制約条件を導きだした。

また、共同研究者によって、制約条件を基に、スキルと若手教育を考慮した放射線技師の中期スケジューリングモデルを構築した。簡易モデルを用いて検証も行った。本モデルでは与えられた制約条件を全て満たし、放射線技師が制約に違反なく配置されることを確認できた。それらの成果を学術雑誌に成果発表した。

また計算時間は最適化のための汎用ツールを使用して約1分以内となった。実現場の運用では、さらなる計算時間の短縮が求められるため、今後、計算時間の短縮が図ることの必要性が判明した。

### (2)

2018年以降では、構築した短期スケジューリングモデルは実運用するにあたって、処理速度に問題があった。そこで、昨年度に構築した短期スケジューリングモデルの処理速度について改善点を検討した。またスタッフの教育計画のための中期スケジューリングモデルについて検討した。システムの構築に当たっては、汎用の最適化パッケージを利用して開発期間を短縮している。短期スケジューリングモデルでは当院の実際の勤務配置データ1カ月分を過去のデータから抽出し、実運用可能か検討した。構築した最適化モデルを使用したスケジューリングでスタッフの労働負荷は減少した。現行の勤務作成者によるスケジューリングよりも各スタッフの労働負荷を減少させることが可能となり、同時に勤務作成者の負担も減らすことができた(図1)。

放射線部門のスタッフの教育計画のための中期スケジューリングについては、教育計画に対する順序制約を構成するためにペトリネットを用いた手法を提案し、グループ移動計画問題および教育計画問題として構築した。

放射線部門のスタッフの勤務配置を整数計画問題として最適化モデルを構築し、放射線技師のスキルとして自己スキル、教育スキル、責任者スキルの3つを設定した。自己スキルは、技師の経験年数、これまでに保有したことのあるスキルによって決定している。長期的には、全ての技師がすべての自己スキルを保有した経験があるようにすることが望ましい。そのため、全てのスキルを保有した経験のない技師はモダリティを定期的に移動し、各モダ

リティにおける自己スキルを獲得していく必要がある。実現場でもこのように自己スキルの保有を進めている。これにより、さらなる医療スタッフの質の向上が図られると考える。

勤務配置の最適化モデルを構築するにあたり、次の獲得スキルの候補を挙げ、勤務配置システムに組み込んでいくことは大変重要である。一般的に放射線技師の自己スキルの習得には順序関係があると考えられる。自己スキルの習得モデルを得るために、ペトリネットを用いてスタッフ教育問題を整理した。当院の勤務配置を例として、モダリティをいくつかのグループ（モダリティグループ）に分け、移動するとモダリティグループのスキルを喪失するものとし、スキルを習得するまでに必要な研修日数は、技師の適正、現在保有するスキル、これまでに保有したことのあるスキルなどによって決まるものとした。ペトリネットの挙動解析の最も基本的な手法である初期状態から到達可能な状態を網羅的に生成したグラフ（可達グラフ、[図2](#)）で放射線部門のスタッフのスキルの習得モデルを表現できた。放射線部門のスタッフ教育計画のペトリネットを用いた手法は、次のスキル獲得の候補を挙げるために有用であることが示唆された。

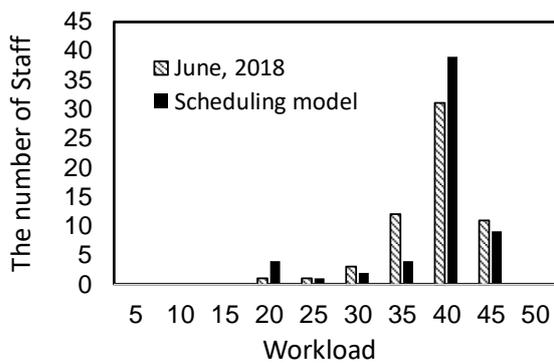


図1. 構築したスケジューリングモデルによる労働負荷と実際の勤務作成者による労働負荷

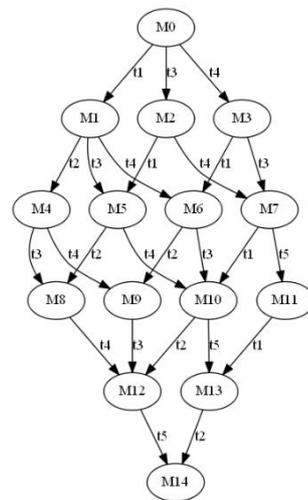


図2. スキル獲得の可達グラフ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 日高国幸, 宮本俊幸
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリング問題 - ペトリネットを用いた教育計画の提案 - Radiographer Scheduling Problem Considering Skills and Training A method of educational plan using Petri net -
3. 学会等名 第76回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kuniyuki Hidaka, Toshiyuki Miyamoto
2. 発表標題 Development of Radiographer Scheduling System Considering Skills and Training A Case Study
3. 学会等名 ECR2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日高国幸, 宮本俊幸
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリング問題のモデル化とその検証 ~ケーススタディ~
3. 学会等名 日本放射線技術学会第74回総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Miyamoto, Kuniyuki Hidaka
2. 発表標題 MID-TERM PLANNING OF RADIOGRAPHER SCHEDULING PROBLEM.
3. 学会等名 International Symposium on Scheduling 2019, ISS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Miyamoto, K. Hidaka
2. 発表標題 Modified Model of Radiographer Scheduling Problem for Sequential Optimization
3. 学会等名 Proc. of IEEE, IEEM (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日高国幸 , 湯浦久志 , 宮本俊幸
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリング問題のモデル化とその検証
3. 学会等名 日本放射線技術学会第74回総会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Miyamoto, Hisashi Yuura, Kuniyuki Hidaka
2. 発表標題 An Integer Programming Model for Radiographer Scheduling Considering Skills and Training: Case Study
3. 学会等名 Proc. of SICE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本俊幸 , 日高国幸
2. 発表標題 放射線技師スケジューリング問題の逐次解法モデル, Sequential Optimization Model of a Radiographer Scheduling Problem
3. 学会等名 スケジューリング・シンポジウム 2018 講演論文集, Proc. of the Scheduling Symposium
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本俊幸, 日高国幸
2. 発表標題 放射線技師スケジューリングの中期計画に関する研究, Study on Mid-term Planning of Radiographer Scheduling Problem
3. 学会等名 IEICE Tech. Report
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯浦久志, 宮本俊幸, 日高国幸.
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリング問題
3. 学会等名 スケジューリング・シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 湯浦久志, 宮本俊幸, 日高国幸
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリングモデルの感度解析
3. 学会等名 第60回自動制御連合講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Yuura, T. Miyamoto, K. Hidaka
2. 発表標題 An Integer Programming Model for Radiographer Scheduling Considering Skills and Training
3. 学会等名 IEEM (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日高国幸, 湯浦久志, 宮本俊幸
2. 発表標題 スキルと若手教育を考慮した放射線技師スケジューリング問題のモデル化
3. 学会等名 日本放射線技術学会第61回近畿支部学術大会
4. 発表年 2018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	宮本 俊幸  (Miyamoto Toshiyuki)  (00294041)	大阪工業大学・情報科学部・教授    (14401)	

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
---------	---------