

機械学習を用いた手術室最適化の仕組み

アクィラシステムズ株式会社
日本医科大学千葉北総病院
日本医科大学千葉北総病院

*ラデスク・ジョージ
金 徹
色川 彩夏

RADESCU George
KIM Chol
IROKAWA Ayaka

Abstract

Along with the Sustainable Development Goals advocated by the UN, the Japanese government drew a social design concept called “Society 5.0”. In order to realize the form of a sustainable society represented by “Society 5.0”, it is necessary to solve social issues through digitization. One of the current issues is controlling social costs associated with the medical system.

In this paper, we will be focusing on a method of improving the utilization of the operating theater and as a consequence reduce the overtime work of the medical staff through machine learning models and constraint optimization techniques. The method has two stages, with the first one being to construct a predictive model, the result of which will be used in the second stage to optimize the assignment of the surgical interventions.

1 はじめに

現在の社会的課題のひとつに医療-福祉領域における「社会コストの抑制」がある。

当該領域におけるの社会コスト抑制には、その支出の多くを占める医療行為を見直さなければならない。

とりわけ、その多くを占める病院経営を見直さなければならない現状である。

病院の収益の観点からいうと、補助金の受領前に黒字化運用ができていない病院はわずか4割でしかない。急性期（及び高度急性期）病院については、手術室と手術関連活動が収入の6割以上を占め、コスト観点では約8割が手術室等から発生している^[2]。

そのような状態において、病院内における限られたリソース活用を改善するために、手術室でのワークフロー改善に着目した。

この目的としては、2段階のプロセスを用いて、自動的かつ合理的に手術室の割り当てを行うことで、スタッフ残業時間を減少させることにある。

最初のステップでは、過去の実績データの学習を通じて「手術室の滞在時間予測」へ活用する。

従属変数が連続型変数のため、回帰分析モデルを用いており、モデルの評価指標としては決定係数と平均絶対誤差を使っている。

第2ステップは、最初のステップからの結果を元に進めるのだが、最初のステップからの結果を最適化モデルに取り入れ、手術室使用率の最大化のための目的関数として使った。

2 手法について

1. 概要

本プロジェクトでは、日本医科大学 千葉北総病院における、1年間（2013年4月1日から2014年3月31日まで）の手術について分析を実施している。

当該期間における手術データは、16診療科からの5859件である。業務時間については、8:30～17:00と定義した。いかなる予定手術であったとしても、当該時間枠の前後に実施された手術は通常業務の時間外とした。

手術データには主に3つのカテゴリーの情報が含まれる：患者データ、手術関連データ、手術スタッフ関連データ。

最終的なゴールとしては、これらをもとに手術室の利用を最大化しつつ、医療スタッフの残業が削減される週次スケジュールを作成することにある。

2. 手順

まず機会学習のアルゴリズム活用を通じて、極力正確な予測に近づくよう、手術室の総滞在時間予測を実施する。

最後に、予測ステップからの結果は週次単位で手術室の利用が最大化するように手術室スケジュール割り当てに反映される。

3. 記述的分析

全5859手術データのうち、予定手術が88.5%、緊急手術が11.5%であった。手術室滞在時間として記

録されている総時間数は合計 15,811 時間である。

手術室利用状況については、分析対象となった手術室数（10 室）が分析対象期間について平均 61.6%の利用率であった

4. 予測的分析

このステップにおけるゴールは、より正確に手術室の滞在時間を予測するために、実績データセットから（手術室の滞在時間に影響を与えうる）最適な特徴となる要素をみつけ選択していくことにある。

これらを通じて、手術室の滞在時間の見積もり（過少申告手術時間、過剰申告手術時間）が発生しうる、という課題を克服につながると期待している。

最適な結果にはランダムフォレストモデルから到達して、このモデルに含むプロパティはこの通り：ピンの数：32、決定木構築：12、決定木の数：50、不純度：分散

5. 最適化

この直前の「予測的分析」ステップからの結果を活用し、よりよい手術スケジュール生成が実行されることを目指す。

手術室の稼働率を最大化しつつ、使用する手術室数を最小化するため、最適化アルゴリズムとして、線型計画法を利用したピンパッキング問題を選択した。

6. 検証

ピンパッキングアルゴリズムの副次的効果として、時間外にはみ出るものを 0 にしようとする。全ての予測される手術室の滞在時間はこのように割り当てられているが、「予測モデル」にも、しかしながらある程度エラー発生する可能性もある。

このため、この手法の効果を検証するため、スケジュールが生成された後、「実際にかかった手術室の滞在時間やスケジュール」と「予測モデルからの結果」の比較を行った。

3 結果

1. 予測モデルの評価

予測モデルからレコメンドされた手術室割り当てと、実際の割り当てによる手術時間では、平均 7.3%の稼働率改善につながった。（表 1）

手術室の稼働率改善を通じ、残業時間も平均で

80%まで削減しうるという結果となった。

表 1: 予測モデル評価指標

指標	学習データ	テストデータ
平均絶対誤差	29.65 分	32.32 分
決定係数	88%	85%

2. 今回の研究における制約

外科医（執刀医）の外来診療時間に関する情報が今回の分析では加味されていないため、全ての外科医が日中の業務時間において手術へアサインしうる想定での予測結果となっている。

手術室内の医療機器等の管理データが加味されていないため、どの手術でもいつでも必要な機器類が利用できる想定での予測結果となっている。

データより約 1/3 の手術は麻酔科医を必要としておらず、今回の研究対象とさせて頂いた病院の当該期間においては、麻酔科医の存在が手術室最適化における代表的な制約条件とはなっていない。

4 結論

今回の分析結果を通じて、予定手術についての手術室スケジュール作成に 2 つのステップを適用することによって、現状の方法と比較して、手術室の稼働率を上げるという点においてよりよい結果がもたらされることが示された。さらに、副次的効果として残業時間も最小化しうることを期待できる。

参考文献

The English version of this paper was initially presented and published in サービス学会 第 8 回国内大会 conference.

- [1] 「厚生労働省の第 9 回医師の働き方改革に関する検討会」資料より (2018 年)
- [2] 「病院経営管理指標 厚生労働省 医療施設経営安定化推進事業」資料より (2016 年)
- [3] Franklin Dexter MD, PhD et al, Which Algorithm for Scheduling Add-on Elective Cases Maximizes Operating Room Utilization, American Society of Anesthesiology (1999 年)
- [4] Programming Language: Python 3
Linear Programming modeler: PuLP 1.6.8
Solver: GLPK 4.65
ML modeling: Apache Spark 2.3.2