

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350426

研究課題名(和文) 病院における外来患者の待ち時間短縮技法の開発

研究課題名(英文) Reduction of the waiting time of outpatients in hospitals

研究代表者

森川 克己 (MORIKAWA, Katsumi)

広島大学・工学研究院・准教授

研究者番号：10200396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：予約のある患者と予約のない患者の両者が訪れる病院を対象として、待ち時間の短縮を実現する方法の開発に取り組んだ。具体的には、平均待ち時間を見積もる方法、予約のない患者に診察開始予定時刻を与える方法、好ましい予約時刻の集合を効率的に選ぶ方法、検査を経て再び診察を待つ患者を含む環境での診察順序の決定法、について新たな提案を行った。待つ苦痛を和らげるために、診察順序を患者に示す環境も考慮した。

研究成果の概要(英文)：This study has focused on hospitals accepting both scheduled patients and walk-ins, and proposed several techniques to reduce the waiting time in hospitals. To estimate the expected waiting time of an appointment schedule, clearing functions are utilized and a graphical representation of waiting times is realized. To further reduce the waiting time, a scheduled time is assigned to each walk-in at the time of arrival. To select preferable appointment schedules from a set of candidate appointment schedules effectively, the number of simulation runs are controlled by the estimated performance of each candidate. Under the condition that some patients visit one or more examination rooms and then request the second round of consultation, the consultation sequence is generated by using a simple rule. To alleviate the stress of waiting, it is assumed in some studies that the consultation sequence is displayed.

研究分野：経営工学

キーワード：待ち時間 病院 シミュレーション 見える化 近似最適化

1. 研究開始当初の背景

病院における長い待ち時間を我々はしばしば経験しているが、その短縮方策は研究途上にある。外来患者の待ち時間の短縮は患者の立場からの切実な要望である一方、医療機関側も重要な課題の1つとして認識している。研究代表者の専門分野は生産システムの効率化を実現する計画やスケジュールの立案手順やコントロール方法の開発である。競争が世界レベルで展開されているものづくり産業の生産性が高いことは周知のことである。経営工学にかかわる研究者として、関連するノウハウを医療現場に活用し、患者のみならず医療機関にもやさしい仕組み作りを目指すことが重要と考えた。

海外においては、外来患者の待ち時間短縮に関する多くの研究が行われているが、本研究に取り掛かるに際して国内の研究動向を調査したところ、医療関係者による実績データ整理やアンケート調査に基づく現状分析にとどまっているものが多く、国内の病院を想定して待ち時間を短縮する仕組みの提案に取り組んだ研究が見つけられなかったことも、研究の動機付けとなっている。

2. 研究の目的

海外では関連する研究が多くあるものの、日本と海外では病院のおかれている環境に異なるところがある。海外の学術研究では患者があらかじめ予約をとったのちに病院を訪れることを仮定しているが、日本においては、予約をとらないで病院を訪れる患者も少なくない。そして、これら予約のない患者にも適切な配慮が要求されていると認識している。また、医療に関する技術の進歩に伴い、各種の検査を受けた後にその結果を確認しながら再び診察を受ける場合もあり、患者の院内の流れも複雑化する傾向にある。医師がさまざまな考えのもとで予約時刻や診察順序を決めている場合も想定すると、待ち時間の短縮は奥の深い研究課題といえよう。

このような問題認識のもとで、経営工学分野における学術的新規性を意識しつつ、実際の環境に活用可能な方法の開発を目的としている。具体的には、実際の医療現場で採用されている予約の与え方や診察順序の決め方が利用できるならば、それらを少しずつ変えていくことで待ち時間の段階的短縮も目指すことが可能な方法の提案を目的とする。

3. 研究の方法

実際の病院が置かれている環境はさまざまであることより、コンピュータシミュレーションによって仮想的な環境を構築し、提案する方法の効果を平均値に基づく評価尺度によって調べる。また、事前に予約をとったうえで病院を訪れる予約患者と、予約なく病院を訪れる当日患者の両者が混在する環境を一貫して対象とする。外来患者の院内での流れを考えたとき、医師の診察を受けて病

院を立ち去る場合と、複数のサービス拠点を訪れて病院を立ち去る場合を考える。ここにサービス拠点とは、医師による診察に加え、検査や治療がなされる場所を総称したものである。人が待つ状況を考えて場合、不公平感が生じにくい仕組みも必要とされる。一般的には先着順にサービスを提供する方法が公平と考えられるが、予約患者と当日患者が混在する場合に先着順を適用することは現実的ではなく、患者自身もそのことは理解していると考えられる。予約患者は予約時刻に近い頃に病院に到着すればよいと考えているはずであるし、当日患者はある程度の待ちの長さは致し方ないと考えるはずである。ただし、病院という特性より、予約患者にあまりにも強い優先度を与えることは適切とは言えない。両者の待ち時間をどのようにバランスさせるかは様々な観点から議論される必要があり、医師によって考え方に違いがあることも考えられる。そこで、本研究では両者の重み付き和の最小化を目指す。

多くの患者が訪れる病院においては待つ時間そのものを短くすることにも限界がある。そのような状況下で待つことの精神的な苦痛を和らげる方法の1つとして、診察順序の見える化がある。つまり、どのような順番で患者を診察するのかを患者に示し、それによって自分がいつ頃呼ばれるかの見積もりを支援するものである。このような順序を示す仕組みを取り入れた病院は少なくないものの、順序の決め方や表示人数の違いが待ち時間に与える影響を調べることは重要である。

予約時刻の設け方は次のように仮定した。診察時間をブロックと呼ばれる複数個の区間に分ける。一般的に、各ブロックには複数人が割り当てられ、それらの患者の予約時刻は当該ブロックの開始時刻となる。平均待ち時間を短くするには、各ブロックの長さを短くして、1つのブロックに割り当てる人数を少なくすることが有効である。しかしながら、実際には扱いやすい長さ、たとえば15分間隔や30分間隔などが採用されている場合が多い。すでに採用されている長さを変更する案は受け入れが難しいかもしれないが、各ブロックに受け入れる人数の調整は受け入れやすいと思われる。そこで、予約時刻の決定を考える際には、それぞれのブロックに受け入れる人数の決定を主として取り扱う。

4. 研究成果

外来患者が一回の診察を経て病院を立ち去る環境では以下の成果を得た。

(1) 予約なく訪れる当日患者に対する待ち時間にも配慮した、予約患者への予約時刻の与え方の問題に着目した。各ブロックに受け入れる人数を定めてシミュレーションを実行すればその設定に対する評価値を得ることができる。しかしながら、考えられる人数の割り振りをすべてこのような方法で評価

することは長時間のシミュレーションを要するため、簡便な方法で候補解をふるいにかけることができれば有益である。診察時間の分布と待ち患者人数が与えられたとき、所定時間内に平均的には何人の患者を診察できるかはシミュレーションによって求めることができる。より多くの患者が待っているほど平均的にはより多くの患者を診察できるものの、その増加の割合は次第に小さくなるのが分かっており、それを表す関数は clearing function と呼ばれている。予約患者がすべて予約時刻に到着し、予約患者の診察の合間に当日患者を診察するとした環境下で予約患者、当日患者の平均待ち時間を図的に把握できる方法を提案した。その概念図を図1に示しているが、1回のシミュレーションによって clearing function を求めれば、それ以降は予約設定ごとに計算によって医師の待機時間も含めた評価値の見積もりが可能であることを数値実験より確認した。このような平均待ち時間の見える化は、予約の与え方を見直す際に医療関係者への説明力強化にもつながると考える。

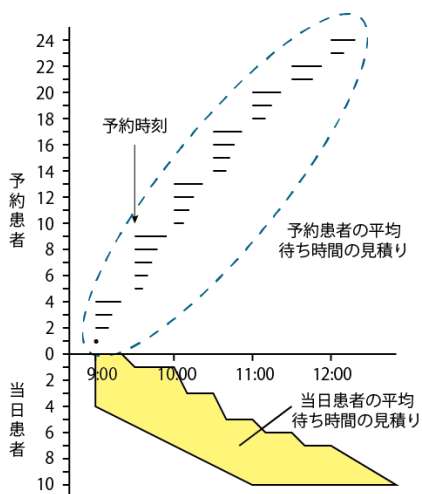


図1 平均待ち時間の図的表示

(2) 当日患者の待ち時間がどうしても長くなりやすいことへの対策の1つとして、病院到着時に診察予定時刻を提示し、その時刻からの待ちを短くすることを検討した。診察予定時刻が示されれば、当日患者はその予定時刻まで拘束されないため、待つ苦痛の軽減につながると期待される。ただし、病院に到着した時刻と診察予定時刻が大きく異なることは好ましくない。また、診察予定時刻はできるだけ簡便な方法で与えられることが好ましい。そこで、すでにブロックに基づいて予約時刻が与えられている環境を前提として、各ブロックの後部に、当日患者を受け入れる時間枠を新たに設け、診察負荷が許容範囲にあれば、当日患者をその枠に割り当て、その枠に対応した診察予定時刻を与える方法を提案した。時間枠の長さや診察負荷の閾値を調整することで、予約患者と当日患者の平均待ち時間をおおむね同等にできること

を実験で確認した。また、この方法は状況に応じて当日患者をどの時間枠で受け入れるかを判断しているため、あらかじめ固定的に受け入れ場所を決めておく方法よりも、よいパフォーマンスを示すことも確認した。

(3) 待つことの精神的負担を軽減させることを目的として、診察順序を患者に示す環境において、予約時刻の近似最適化に取り組んだ。患者の到着や診察時間が確率的であることより、予約患者人数分の予約時刻の集合で表された解を評価するためには十分な長さのシミュレーションが必要とされる。ここでは、候補となる解の集合が事前に用意されている環境を想定し、その集合から評価尺度の値がよいものを選び出す手法として SA (Simulated Annealing) を採用した。この方法では、よい結果を与えると期待される解に対するシミュレーションをより重点的に行うことで、効率的なふるいかけが実現できることを実験により確認した。実際の病院でこれまでに利用された予約時刻データを集め、これを候補解の集合として提案法を適用すれば、その中から好ましい予約時刻設定を効率的に求めることができると期待される。

外来患者が1か所以上のサービス拠点を訪ねて病院を立ち去る環境では以下の成果を得た。患者を公平に扱うという視点より、診察室を除くその他のサービス拠点では先着順を採用し、診察室における診察順序の決定問題について研究した。具体的には、1つの診察室と2つの検査室で構成される病院を想定し、すべての患者は最初に医師の診察を必要とし、その後、一部の患者はそのまま病院を立ち去るが、その他の患者は1か所もしくは2か所の検査室を訪問した後に再び診察室を訪ねてから病院を立ち去ることとした。このことより、診察室の前の待合室には、予約患者、当日患者、検査を経て再び診察を待つ患者、という3種類の患者が存在する可能性がある。これら3種類に対応した専用の待ち行列をそれぞれ用意し、当日患者と2回目の診察を待つ患者の待ち行列は先着順、予約患者については予約時刻順とした。評価尺度として、予約患者の1回目の診察待ち時間、当日患者の1回目の診察待ち時間、そして、1回目の診察後の総待ち時間を取りあげ、それぞれの1人あたりの平均時間に重みを掛けた総和の最小化を目的としてみた。診察順序の決定法に複雑な方法を用いることは実際の運用の観点からは好ましいとは思われない。そこで、3つの待ち行列から次の診察対象者を選ぶ方法としてディスパッチング規則を用いることとした。この規則は、対象となる患者を評価する式を与えるもので、その値が最も小さい患者が次に選ばれる。すでに多数のディスパッチング規則が提案されているものの、本研究で対象とする環境に有効な規則は知られていないため、GP (Genetic Programming) によって求める方法を提案した。GP によって、人間には思いつか

ないような規則が作りだされる場合のあることを確認したが、対象とする環境では、3つの待ち行列に対応した評価尺度内の重みに基づき、3つの待ち行列間に固定的な優先度を与える方法で良好な結果が得られることが示された。なお、待つ苦痛を和らげるために数名分の診察順序を表示する仕組みも組み入れていたが、その表示人数を増やすことは予約患者の待ち時間の削減につながることを確認できた。

日本の病院を対象として意識しつつ経営工学の視点から進めてきたこれらの研究の成果は、外来患者の待ち時間削減を検討している病院での取り組みに活用できると考えている。今後は、さらに複雑な患者の流れを取り入れることの必要性も感じている。たとえば、予約患者に対しては診察前に検査を済ませておくように指示されていることがあり、それらの検査に訪れる患者の一部は、予約時刻と大幅に異なる時刻に到着することがあることを医療関係者に教えていただいた。検査結果が整ってから診察がなされる場合、待ち時間の短縮には診察室のみならず検査室にもサービス提供の仕組みにさらなる工夫が必要とされる。このような環境へと研究を発展させることを計画している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Scheduling appointments for walk-ins, International Journal of Production Economics, 査読有, 印刷中, DOI: 10.1016/j.ijpe.2016.10.010.

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Daisuke Hirotani, Performance evaluation of candidate appointment schedules using clearing functions, Journal of Intelligent Manufacturing, 査読有, 印刷中, DOI: 10.1007/s10845-015-1134-5.

[学会発表](計7件)

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Keisuke Nagasawa, Consultation sequencing of a hospital with multiple service points using genetic programming, The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2016, 7-10 December 2016, Taipei(Taiwan).

森川克己, 高橋勝彦, 長沢敬祐, 病院における診察順序変更の柔軟性が平均待ち時間に与える影響のシミュレーション分析, 日本経営工学会 2016 年秋季大会, 2016 年 10 月 28-29 日, 日本教育会館(東京都千代田区)

Ryosuke Tamura, Katsumi Morikawa, Keisuke Nagasawa, Katsuhiko Takahashi, Dispatching rule generation for minimizing the average total waiting time in a hospital, The 13th International Conference on Industrial Management, 2016 年 9 月 21-23 日, JMS アステールプラザ(広島県広島市)

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Keisuke Nagasawa, Appointment scheduling and consultation sequencing under the stochastic arrival of walk-ins, The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2015, 8-11 December 2015, Ho Chi Minh City (Vietnam).

森川克己, 高橋勝彦, 長沢敬祐, 処理時間が不確実なジョブショップ環境における平均待ち時間最小化を目指したディスパッチング規則生成, 日本経営工学会 2015 年秋季大会, 2015 年 11 月 28-29 日, 金沢工業大学(石川県金沢市)

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Scheduling outpatient appointments under arrival of walk-ins, The 23rd International Conference on Production Research, 2-5 August 2015, Manila (Philippines).

Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, Daisuke Hirotani, Simulation-based outpatient appointment scheduling with the aid of clearing function, The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014, 12-15 October 2014, Jeju (South Korea).

[その他]

ホームページ等

<http://www.pse.hiroshima-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森川 克己 (MORIKAWA Katsumi)
広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 10200396