

診療所における患者の来院時刻を考慮した待ち行列シミュレーション

2018SS061 高木悠佑

指導教員:佐々木美裕

1 はじめに

近年,新型コロナウイルス感染拡大により,待合室での混雑解消のために予約制を導入する診療所が増えている. 予約制を導入することにより,患者側には24時間ネット予約ができるという利点がある. 一方,診療所にとっては,受付業務がスムーズになり,スタッフの業務に余裕が出るという利点がある. これに加え,患者の来院が分散することにより,待合室や駐車場の混雑を回避し,待合室での待ち時間が短くなることが期待される [1]. しかし,予約制を導入しても,予約枠の長さが適切でない,患者が予約時刻通りに来院しないなどの理由から待ち時間の短縮に繋がらないこともある.

本研究では,予約患者の来院時刻や予約枠の長さが待ち行列にどのような影響を及ぼすかモンテカルロ・シミュレーションを用いて分析する.

2 モンテカルロ・シミュレーションについて

モンテカルロ・シミュレーションはシミュレーションの代表的なタイプの1つである. 1946年にアメリカの数学者 S. Ulam(スタニスワフ・ウラム)が原子炉設計のために,コンピュータ上で実際の粒子の動きを模倣して,ある条件を満たす場合の数を高速に数える数値実験の方法を提案した. 複雑な形状の面積や体積を計算したり,多次元積分,微分方程式の数値解を求める場合や,インプットが確率的に変動するシステムの,アウトプットの値の分布を調べたりするのに使われる. いろいろな状況やデータがランダムに発生する様子を反映するために,「乱数」を用いる [2].

3 問題の説明

診療所の待ち行列は予約患者の来院時刻の影響をどれだけ受けるのかについて分析するために,次のような状況を想定してシミュレーションを行う. 診療所には,2人の医師が診察を担当し,患者ごとの担当医師は決まっておらず,到着した順に診察可能な医師の診察を受けるものとする. 図1のようなモデルを考え,モンテカルロ・シミュレーションを行うプログラムをPythonで実装する.

また,予約枠をいくつか設定し,患者が予約時刻通りに来院する場合とそうでない場合を想定したシミュレーションをする. 予約枠は患者の予約を取る時間の間隔を決めるものであり,例えば30分ごとに6人の患者の予約をとる場合,患者はその30分枠の最初に来院し,6人/30分と表す. 予約時刻通りで1つの予約枠に複数人いる場合,その複数人全員が同時に決められた時刻通りに来院する. そうでない場合,予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいて早く来院する患者を多めに考えるので,平均8,分

散8のガンマ分布を負の方向に10移動した,平均が-2になるガンマ分布に従って決め,同じ予約枠の中では先に来院した患者から診察を始める.

それぞれの待ち時間の平均と,それぞれの待ち行列の最長の長さをグラフも表示して比較する.

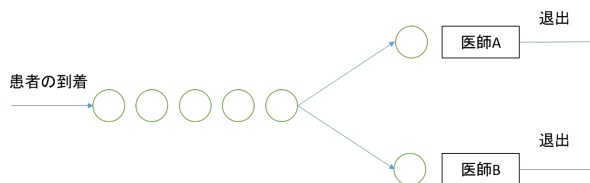


図1 モデル

4 シミュレーションの説明

パラメータは以下のように設定する.

表1 パラメータ

シミュレーション回数(回)	10000
平均到着率	12
受付時間(時間)	6
患者数(人)	平均到着率*受付時間
窓口数(個)	2

診察時間はガンマ分布にしたがって決定する [3]. ガンマ分布は以下の確率密度関数を使用する [4].

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(k)\theta^k} x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}} = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} x^{k-1} e^{-\lambda x}$$

k : shape parameter θ : scale parameter

診察時間の最頻値を4~5分,平均を10分と想定するので, $k=5, \theta=2$ と設定する. 平均: $k\theta = 10$,分散: $k\theta^2 = 20$ となる.

以下にシミュレーションの流れを記述する.

ステップ1: 患者と患者の来院時刻の間隔を決めることにより,患者が来院する時刻を決める.

ステップ2: 患者は,空いた窓口に入る.

ステップ3: 診察時間をガンマ分布に従って決める.

ステップ4: 待ち時間や診察開始時刻などの時間の計算を行う.

ステップ5: その時点の系内人数や待ち行列の最長の長さ,平均待ち時間の計算を行う.

1~5のステップを患者の人数分反復する.

5 シミュレーション結果

本研究では、予約枠 1 人/5 分、2 人/10 分、4 人/20 分、6 人/30 分それぞれで予約時刻通りに来院する場合と、予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいる場合をシミュレーションする。

予約時刻通りに来院する場合のシミュレーション結果は以下ようになった。

表 2 予約時刻通り 結果

	1人/5分	2人/10分	4人/20分	6人/30分
待ち時間の平均	9.150分	7.579分	10.317分	17.817分
待ち行列の最長	5人	5人	6人	9人

予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいる場合のシミュレーション結果は以下ようになった。

表 3 予約時刻より早くと遅く来院 結果

	1人/5分	2人/10分	4人/20分	6人/30分
待ち時間の平均	8.464分	7.717分	11.265分	17.423分
待ち行列の最長	5人	6人	7人	9人

予約枠 1 人/5 分で予約時刻通りに来院する場合の待ち時間は図 2 のようになった。

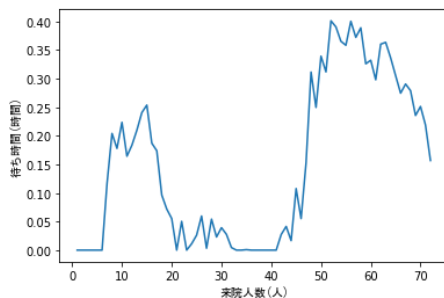


図 2 1 人/5 分 予約時刻通りの待ち時間

予約枠 6 人/30 分で予約時刻通りに来院する場合の待ち時間は図 3 のようになった。

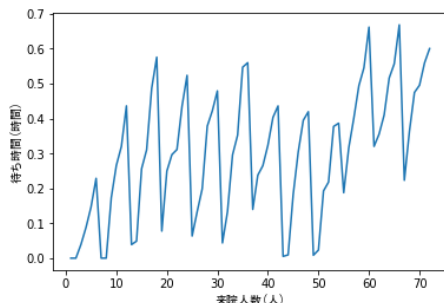


図 3 6 人/30 分 予約時刻通りの待ち時間

予約枠 1 人/5 分で予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいる場合の待ち時間は図 4 のようになった。

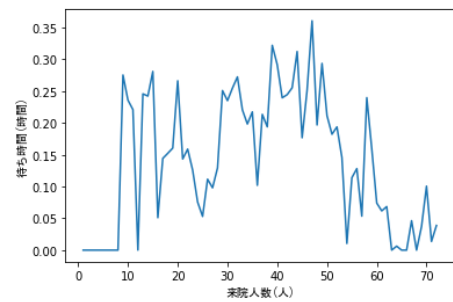


図 4 1 人/5 分 予約時刻より早くと遅く来院 待ち時間

予約枠 6 人/30 分で予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいる場合の待ち時間は図 5 のようになった。

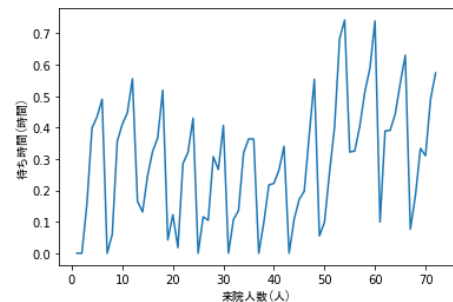


図 5 6 人/30 分 予約時刻より早くと遅く来院 待ち時間

6 まとめ

同じ予約枠で、予約時刻通りに来院する場合と予約時刻より早く来院する患者と遅く来院する患者がいる場合を比較しても、待ち時間の平均と待ち行列の最長の長さはあまり変わらなかった。また、長さの異なる予約枠で比較した場合、1つの枠の長さが短いほど待ち時間に波があることが多く、1つの枠の長さが長いほど同じ枠で先に来院した患者分の平均待ち時間と待ち行列の最長の長さが全体的に増えている。今後の課題として、患者の来院時刻の実データを用いて、予約枠や診察時間の分布を変えた場合を試して、その場合に応じて実用的な予約制度を考えることが挙げられる。

参考文献

- [1] 児島 亮太. クリニックを予約制にすると患者さんが減る? , 閲覧日: 2021 年 09 月 30 日. <https://www.medicalforest.co.jp/blog/?p=1612>.
- [2] 松井 知己・森 雅夫. オペレーションズ・リサーチ. 朝倉書店, 2015 年.
- [3] 紀 永儒・宮崎 茂次・柳川 佳也. 待ち行列理論を用いた病院の外来患者待ち時間短縮の一提案. 日本経営工学会論文誌, 第 60 巻, 第 6 号, pp. 297-305.
- [4] ガンマ分布のパラメータ指定方法まとめ. <https://qiita.com/kidaufu/items/2a5ba5a4bf100dc0f106>.