

モンテカルロシミュレーションによるタクシー乗り場の平均待ち時間の推定

An estimation of an average waiting time in the taxi stand by Monte Carlo simulation

11511 木田百合子
指導教員 島川陽一

1. はじめに

本研究では、深夜に駅からタクシーを利用して帰宅する場合のタクシーの平均待ち時間を推定する数理モデルを定式化し、モンテカルロシミュレーションによりその精度を検証する。タクシー利用者の数と駅におけるタクシーの台数はあらかじめ与える。自宅までの輸送シミュレーションを複数回を行い、ここから得られる平均待ち時間と数理モデルによる推定値を比較する。自宅までの輸送時間は正規分布すると仮定する。

2. 数理モデルとシミュレーションの概要

2.1. 数理モデルの導出

待ち行列の総人数を N 、タクシー総台数を m 、タクシー平均利用時間を μ 、利用時間の標準偏差を σ とする。 x 番目にタクシーの待ち行列に入った客の待ち時間 $ut(x)$ は

$$ut(x) = \frac{2 * \sum_{i=0}^m tt_{(i+m \lfloor \frac{x-1}{m} \rfloor - 1)}}{m} + wt(x-m) \quad (1)$$

と与えられる。ここで $tt(\text{travel time})_{(x)}$ とは客のタクシー利用時間を疑似的に与えた配列で、 x 番目にいる客のタクシーの利用時間を示している。式(1)の第2項の $wt(x)$ は巡回したタクシーの2回目以降のサービスで考慮される前客までの平均サービス時間で以下の式で与える。ここで $H(x)$ は

$$wt(x) = H(x) * ut(x) \quad (2)$$

サービスが2回目以降の場合、 $H(x)$ で加算されるので式(3)で与える。

$$H(x) = \begin{cases} 1 & x > m \\ 0 & x \leq m \end{cases} \quad (3)$$

2.2. モンテカルロシミュレーションの概要

シミュレーションではパラメータを $N=12$ 、 $m=3$ 、 $\mu=20$ 、 $\sigma=5$ 、シミュレーションの試行回数は1万回とする。客のタクシーの利用時間は正規分布すると仮定し、式(4)、式(5)を用いて算出する。

$$Y_1 = \sqrt{-2 \log X_1} \cos(2\pi X_2) \quad (4)$$

$$Y_2 = \sqrt{-2 \log X_2} \sin(2\pi X_2) \quad (5)$$

ここで $x \geq 0$ 、 X_1, X_2 は一様分布乱数である。

3. 数値計算による検証

前章の数理モデルにより算出した結果と、モンテカルロシミュレーションの結果をそれぞれ表1に示す。

表1. 結果の比較(単位 分)

	1 順目	2 順目	3 順目	4 順目
数理モデル	0	39.7	79.6	119.2
シミュレーション	0	39.9	79.6	119.3

1 順目はすぐに客がタクシーに乗れるため待ち時間はない。2 順目以降はモデルを基準とすると誤差は0.2%程度である。モンテカルロシミュレーションは数理モデルとほぼ一致している。

$\sigma=10$ の場合は誤差が2.7%と大きくなった。これは正規分布しているタクシーの利用時間が1を下回ってしまった場合に起きる例外処理が原因だと考えられる。これを図1に示す。この例外処理は利用時間が0分以下の場合、利用時間を1分にする処理である。これにより、誤差が生じたと考えられる。

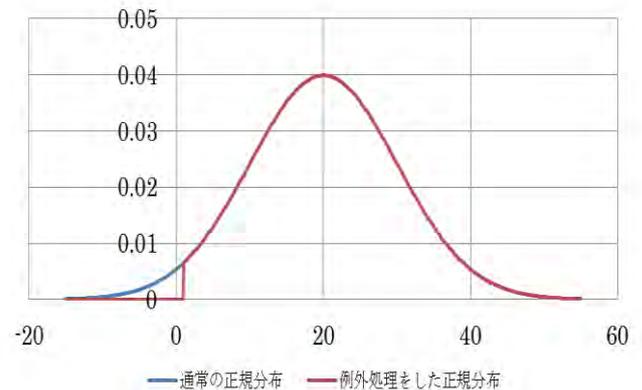


図1. タクシー利用時間の分布

4. まとめと今後の展望

本研究ではタクシーの平均待ち時間を推定する数理モデルを定式化しモンテカルロシミュレーションの結果と比較した。シミュレーションの結果とモデルによる値はおおむね一致した。このモデルを拡張するとどの駅にどれくらいのタクシーが必要かなどのタクシー会社の視点からの知見が得られる。タクシーの最適な配車台数を推定することが期待される。

参考文献

- [1] 利根 薫, “[増補]オペレーションズ・リサーチ読本,” 日本評論社, pp.164-170, Feb.1993