

# 収容人数を考慮した エレベータ待ち時間モデルの考察

02202330 中央大学 島川 陽一 SHIMAKAWA Yoichi

## 1 はじめに

本稿ではサービスの処理順序を考慮したエレベータの待ち時間分布モデルの妥当性を検討する。

稼働指標として、エレベータの稼働率や待っている客がいなくなるまでの連続した運転中のサービス回数の分布があるが、[1][3]では階間平均移動人数から確率過程に基づくモデルを用いてこれらを求めた。[2]ではエレベータのサービス規準にFIFOを仮定した場合の待ち時間分布を示したが、稼働率の高い状態ではモデルとシミュレーションとは一致しなくなるという問題点があった。[4]においてエレベータに収容した客の処理順序を考慮する待ち時間計算モデルを提案した。ここでは、ひとつの処理順序の発生確率を与える式を導出することが難しく処理順序のすべての組合せを列挙することによってもとめた。

以下では[4]で示した処理順序を考慮したモデルから得られる値とシミュレーションの結果を比較、考察し、モデルに反映すべき点についての整理を行なう。

## 2 サービスの処理順序を考慮したモデルの拡張

対象とするビルは  $N$  階建、エレベータの設置台数は1台とする。フロアへの客の到着は Poisson 分布を仮定し、単位時間あたりの階間平均移動人数を  $P$  とする。連続運転、コール、サービスの定義は[4]において与えられているものを用いる。

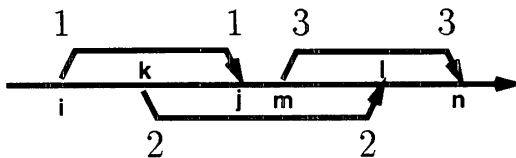


図1. 処理組合せ121323のエレベータの動作

エレベータに特有なサービス基準は、客のフロアにあらわれる順序に依存して、エレベータが移動上にあられる客を載せていく点にある。これがエレベータの稼働指標のモデル化を難しくしている。エレベータに複数人数が乗ることができる場合、エレベータへの客の乗り降りは必ずしも一通りではない。図1に連続運転中に3回のサービスを含む場合のサービスの処理順序の組合せの一例を示す。この例では、 $i$  階で客1

が乗り、 $k$  階で客2が乗り、 $j$  階で客1が降り、 $m$  階で客3が乗り、 $l$  階で客2が降り、 $n$  階で客3が降りる ( $i < k < j < m < l < n$ )。すべてのODの組合せからこの処理順序をとるODの総数は、エレベータの進行方向を考慮して、

$$od_{121323} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=k}^m 1 \cdot \sum_{k=i}^j \sum_{l=m}^n 1 \cdot \sum_{m=j}^l \sum_{n=l}^N 1$$

となる。このようにして、ある処理順序の発生する確率を計算し、それぞれの処理順序の待ち時間に重みとして与え総和を取ることによって処理順序の組合せを考慮した待ち時間分布を得ることができる。

## 3 シミュレーションの結果との比較

### 3.1 待ち時間分布

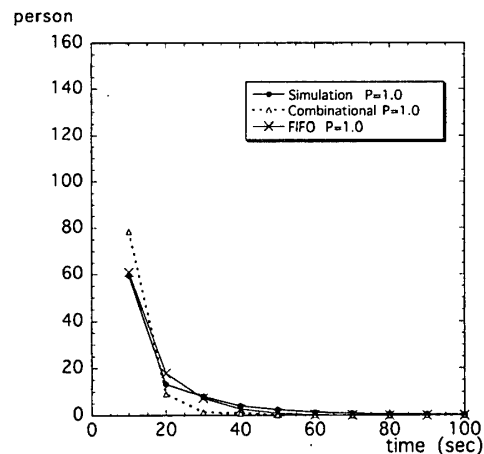


図2. 待ち時間分布 ( $P = 1.0$ )

[2]で与えられたモデルでは客の処理順序にFIFOを仮定していた。この場合、エレベータに乗ることができる客は常に一人であり、エレベータがある客にサービスを行なっている時に他の客は各フロアで待たされる。実際のエレベータは移動途上にあられる客を載せるので、客のフロアへの到着率が高くなると平均待ち時間分布はシミュレーションと大きく違ってくる。図2と図3に  $P = 1.0$  と  $P = 2.0$  の時の待ち時間分布を示す。稼働率はそれぞれ56%、90%である。稼働率が高い

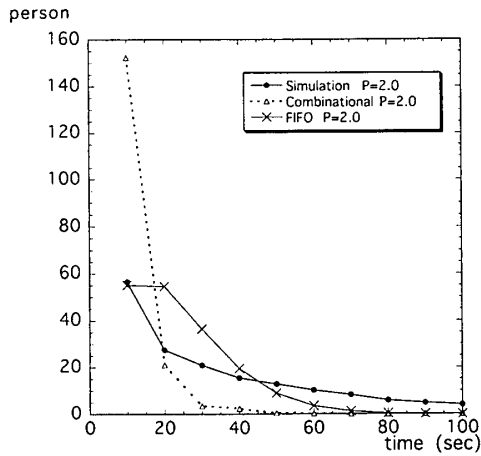


図 3. 待ち時間分布 ( $P = 2.0$ )

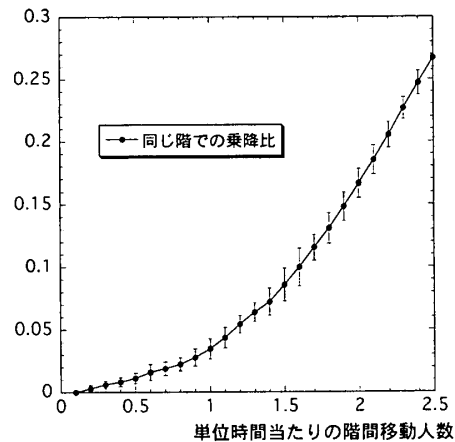


図 4. 同一階での乗降比

場合, FIFO を仮定したモデルでは低い回数のサービス時間待たされる頻度は高くなるが, 客のフロアにあらわれた順で処理されるので極端に大きな待ちになる客は現れない(図 3).

一方, 処理順序を考慮したモデルでは稼働率が大きくても分布の形はシミュレーションと良く似ている。しかし, 分布がはじめ大きく, 時間が大きくなるにつれて急激に小さくなる。これはプログラムが処理順序の組合せの発生確率の計算において, すべての組合せを発生させているためである。すなわち, 組合せの爆発が起こり 5 程度の連続運転回数までしか計算できないので, 長い待ち時間が分布に反映されないことによる。

### 3.2 同一階での複数の客の乗降

モデルにおいて考慮されていない重要な点について触れておく。モデルでは 1 人の客に対して必ず 1 回のサービスが行なわれると仮定している。ここで 1 回のサービスは 2 回のドアの開閉とエレベータの加減速と定速運転に要する時間であり, これらを合わせて一定としている。このサービス時間の  $1/2$  を  $\delta$  とする。ある階で客が乗り降りする場合, モデルでは, 実際のエレベータでは必要としない乗降する客の人数  $\times \delta$  の時間が必要であると考えている。このように考える場合, 稼働率の低い時には問題はないが, 稼働率が高くなると同じ階での乗降が多くなるのでその影響が大きくなる。図 4 に  $P$  の OD 数に対する同じ階での乗降人数比を示す。

同一階での客の乗降は  $P$  が大きい時には全 OD 数の 30% 近くになり, これを考慮することはモデルの改善になる。同一階での客の乗降の平均人数を与えるために, エレベータのカゴ内の平均人数を考える必要があるだろう。実際, これはエレベータの重要な稼働指標となる。

## 4 今後の予定

モデルでは移動中にあらわれる客についても考慮していない。実際のエレベータでは基準階を出発したエレベータは移動途上に進行方向に移動する客が現れた場合, それらの客をひろっていく。この影響がどの程度あらわれているかを考える必要がある。

以上から今後以下のことを検討していく予定である。

- 処理順序の確率を与える一般化された式の導出
- エレベータの移動途上にあらわれる客の割合
- エレベータのカゴ内の平均人数

特に最後のカゴ内の平均人数の導出については, これから待ち時間分布を得ることが可能であると考えている。

## 参考文献

- [1] 島川陽一: エレベータ待ち時間の確率モデル, 日本 OR 学会 1997 年度秋季研究発表会アブストラクト集, pp.62-63.
- [2] 島川陽一, 田口東: エレベータ稼働率の確率モデル, 日本 OR 学会 1998 年度春季研究発表会アブストラクト集, pp.206-207.
- [3] Youichi Shimakawa: Estimation of Waiting Time Distribution for an Elevator Using Origin Destination List, *Apors'97 Conference Program*, WB.10.2 (1997)
- [4] 島川陽一: 収容人数を考慮したエレベータの待ち時間分布, 日本 OR 学会 1998 年度秋季研究発表会アブストラクト集, pp.74-75.
- [5] Jaiswal, N.K.: Bulk-service queueing problem, *Operations Research Soc. Am.*, Vol.8 (1960), pp.773-781.