

# エレベータ特有の処理順序を考慮した エレベータ稼働指標のモデル化

02202330 中央大学 島川 陽一 SHIMAKAWA Yoichi

## 1 はじめに

エレベータの稼働指標には、ある観測時間中のエレベータの総運転時間の割合(稼働率)、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(連続運転回数の分布)、ある階で客がエレベータをコールし、エレベータがその客を収容するまでにかかる時間の分布(客の待ち時間分布)がある。

ビル内の階間平均移動人数が大きくなると多数の客が同じ階で搭乗する。実際のエレベータは1回のドアの開閉で多人数の客の乗降を行なうのに対し、今までのモデル[2][3]ではコール一つに対し2回のドアの開閉を仮定しているため、客の人数分ドアを開閉してしまう。このため、階間平均移動人数が大きい場合、モデルとシミュレーションの違いが大きくなる問題点があった。この問題点を解決するためにはエレベータのサービス処理順序と複数人数の収容という点をモデルに取り入れる必要がある。処理順序という点では[4]において処理順序の組み合わせを列挙することによるモデル化を検討した。本稿ではこのエレベータ特有のサービス処理順序を整理し、各処理順序の発生する確率を求めるための基本的概念を説明する。

## 2 エレベータ特有のサービスの処理順序

以下に現れるモデルの用語、定義およびモデル導出のための仮定は[4]のものを用いる。

図1に4連続運転における通常のエレベータとFIFOに基づく動作をするエレベータの違いを示す。図の縦軸はビルの階、横軸は時間(単位はドア1回の開閉時間)である。コール(とそのOD)はそれぞれ時間順にA(3階→5階)、B(4階→6階)、C(6階→9階)、D(6階→9階)である。

実際のエレベータは3,4階で順次A, Bを収容, 5階でA, 6階でBを降ろし, C, Dを収容, 9階でC, Dを降ろす。この時、6階でのドアの開閉は1回であり、連続運転中のドアの開閉は計5回である(図1左)。一方、FIFO処理に基づくエレベータはコールの順に客を収容し、その客のサービスを完了した後、次のサービスを開始するので、エレベータは図1右のような動作となる。FIFOに基づくエレベータはカゴ内に常に1人しか収容しないので、C, Dを1回のサービスで運搬せず、

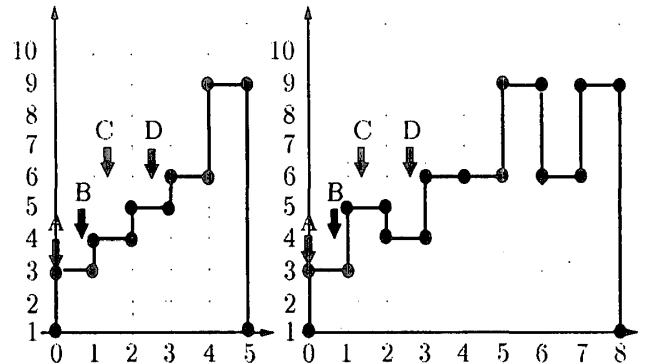


図1. 左: 実際のエレベータの動作例, 右: FIFOのエレベータの動作例

また1つのコールに2回のドアの開閉を仮定した場合、6階ではドアを2回開閉する。

このように実際のエレベータはモデルと違う動作をする。単位時間の当たりのコールの発生回数が多い場合、FIFO処理のエレベータは実際のエレベータに比べて動作時間が長くなる。このためモデルから得られる指標と実際の指標が違う。この問題を解決するためにはモデル化されるエレベータは複数人数収容可能であり、移動途上の客を順次載せていく、そして、同じ階で複数人数の乗降する時、ドアの開閉は1回であることが要求される。

## 3 処理順序の組合せ

連続運転中に含まれるサービス回数が1回、2回、3回の時の処理順序の一部を表1に示す。表中の数字はコールの順番を表す。表記中同じ数字が2回表れるが、最初の数字はその順番のコールを行った客のエレベータへの搭乗、2回目の数字はその客の降車である。例えば、1221は1番目の客の搭乗、2番目の客の搭乗、2番目の客の降車、1番目の客の降車で連続運転が終了することを意味する。

連続運転中に発生するコールの数が多くなると、処理順序の組合せ数は非常に大きくなる。2連続運転では3回、3連続運転では630回、4連続運転では22680回である。

表 1. 連続運転中の処理順序

1 連続運転	1	1					
2 連続運転	1	2	2	1			
	1	1	1	2			
	1	1	2	2			
3 連続運転	1	3	3	2	2	1	
	1	3	2	3	2	1	
	1	1	2	2	3	3	
4 連続運転	1	4	4	3	3	2	2
	1	4	3	4	3	2	2
	1	1	2	2	3	3	4
	1	1	2	2	3	3	4

## 4 処理順序の発生確率

### 4.1 1方向のみでサービスが完了する場合

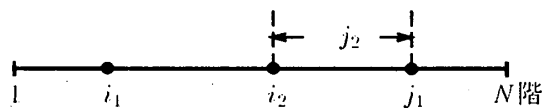


図 2. 1221 計算例

各処理順序の発生確率はその連続運転に含まれるコールの OD によってそれぞれ違う。今、1 番目の客が  $i_1 \rightarrow j_1 (i_1 < j_1)$  階、2 番目の客は  $i_2 \rightarrow j_2 (i_2 < j_2)$  階の移動する場合を考える。2 番目の客の降車階  $j_2$  が  $i_2$  と  $j_1$  間になる場合 (処理順序 1221) の発生確率を計算しよう (図 2)。エレベータは上方に向かって客の乗降を行ない、方向を転換することなしにすべてのサービスを完了する。1 番目の客の出発階  $i_1$  は  $1 \sim N$  階に発生する (事象 A)。  $j_1$  は出発階  $i_1$  の後に  $i_1 \sim N$  に来る (事象 B) ので、事象 A が起きた後の条件つき確率として与えることができる。同様にして  $i_2, j_2$  の起こる確率はそれぞれ条件つき確率であり、それらは以下のように与えられる。

$$P(A) = \frac{1}{N} \quad (1)$$

$$P(B|A) = \frac{1}{N-1} \quad (2)$$

$$P(C|A \cap B) = \frac{1}{N-2} \quad (3)$$

$$P(D|A \cap B \cap C) = \frac{N-j-1}{N-3} \quad (4)$$

したがって、処理順序 1221 がドアの開閉 4 回で処理される確率  $P(A \cap B \cap C \cap D)$  は式 1~4 を用いて

$$P(A \cap B \cap C \cap D) = \quad (5)$$

$$P(D|A \cap B \cap C) P(C|A \cap B) P(B|A) P(A) = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{j-1} \sum_{i=1}^{k-1} \frac{j-k-1}{N(N-1)(N-2)(N-3)} = \frac{1}{24} \quad (6)$$

### 4.2 折り返しをする場合

連続運転に含まれるコール中に異なった方向へのコールが含まれる時、エレベータは方向転換してサービスを継続する。この場合、処理順序の計算は場合分けをして考えなければならない。例として、3 連続運転である処理順序 122133 を考える。処理順序 122133 は 1221 と 33 でエレベータの方向が違う場合が考えられる。この場合、上記の方法では処理順序の発生確率を求めることができない。しかし、この場合は 1221 と 33 で分けて考えればよく、処理順序 1221|33 は  $\Pr(1221|33) = \Pr(1221) \Pr(33)$  で与えられる。

### 4.3 戻ってきてサービスを継続する場合

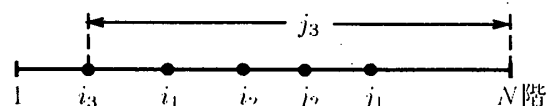


図 3. 122133 計算例

最後に図 3 の例を考える。1221 と 33 が同じ上方向でも  $i_3 < i_1$  の場合、エレベータは 122133 の処理順序をとる。この時  $j_3$  は  $i_3 \sim N$  を取るので前節 4.1 と同じに考えることはできず、別に計算する必要がある。

## 5 今後の予定

本稿ではエレベータ特有の処理順序とその発生確率の計算について述べた。エレベータの稼働指標を得る際にはコールの発生するパターンによっても連続運転における処理順序は変わる。コールの発生パターンは [2] のダイアグラムを用い、コールの発生パターンとその処理順序によって連続運転時間分布、稼働率、平均乗降人数、客のフロアでの待ち時間は求められる。この処理順序を考慮したモデルから予測される結果とシミュレーションから得られる稼働指標の比較は発表時に示す。

## 参考文献

- [1] George R. Strakosch, Editor: *The Vertical Transportation Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [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.