

循環式マルチカーエレベータの運行について

Operation of Cycle Type Multi Car Elevators

伊藤由香^{*}, 大宮佑介^{**}, 魚橋慶子^{*}

Yuka Ito, Yusuke Ohmiya, Keiko Uohashi

東北学院大学工学部^{*}, 日本大学工学部^{**}

Tohoku Gakuin University, Nihon University

キーワード: マルチカーエレベータ (Multi Car Elevator), 循環式エレベータ (cycle type Elevator), 超高層ビル (Skyscraper)

連絡先: 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目 13-1 東北学院大学 工学部 機械知能工学科
魚橋慶子, E-mail: uohashi@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

1. 序論

高層ビル内での垂直方向の移動には,エレベータが使用されることが多い.従来のエレベータではかごをロープで吊るしているため,運搬可能な高さや量に限界がある.高さはロープの強度によるが,これは工学的に実現可能な建造物の高さと同程度である.量は,運搬可能な輸送量に起因する.シャフトが長くなると,かごが最下階から最上階までの往復にかかる時間が長くなり,シャフトあたりの輸送能力が低下する.この点については従来,シャフト数の増加で対応してきた.しかし,エレベータはビル床面積の多くの割合を占める建造物であるため,この対応にも限界がある.

運搬可能な高さや量に対する限界の対策として,循環式マルチカーエレベータの研究が行われてきた.¹⁾この方式ではシャフト内に多数のかごを設置できるためシャフトあたりの運搬能力の改善が期待できる.それに対し,構造上かごの待ち時間が短くなる.以後,循環式マルチカーエレベータを CMCE と略記する.

本研究では,CMCE の運行についてシミュレーションを用いて検討を行った.まず,CMCE のシミュレータを作成した.その後,処理する人のデータによる変化の評価を行った.

2. 循環式マルチカーエレベータ

マルチカーエレベータとは,1つのシャフト内に複数のシャフトが存在するエレベータのことをいう.このエレベータでは2つ分のシャフト内に,6~8個のかごを設置することができるため,小スペースでたくさんの人を1度に運ぶことができる.

ここで,循環式マルチカーエレベータの概要を説明する.このエレベータでは,2つのかごが上下をロープでつながれてリング状になっている.3~4個の同様のものがシャフト内に設置されており,一方方向に回転して人を運ぶ.よって,かごは個々で単独に動くことができるが,ついに一方が停止するともう一方も停止する.また,かご同士は追い越しをすることができ

ない。さらに、かごは一方方向にしか移動できないため昇り専用、くだり専用のシャフトに分かれる。

省エネに関しても利点がある。一般的なエレベータでは、ロープの巻き上げによりかごを移動させている。物によってはロープの一端についた錘で釣り合いを取っている。それらは、かごを維持するために多くのエネルギーを必要とする。それに対し、循環式マルチカーエレベータはかご同士がお互いの重さでつりあいを取っているために、人が乗ったときのわずかな重さ分だけを軸で支えればよい。よってかごを支えるためのエネルギーが非常に少なくなるために、省エネ化につながる。

図1に循環式マルチカーエレベータの略図と、プロトタイプの写真を示す。

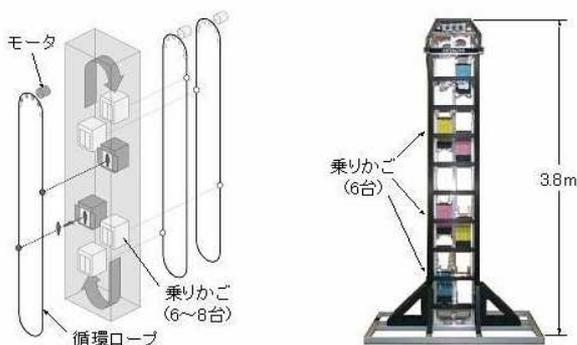


図1 循環式マルチカーエレベータ略図

3. サンプル

シミュレータを作成するために、人の動きを表す式を求めた。その式の決定のために人の動きの観察を行った。観察の結果より以下の式が求められた。

乗車にかかる時間：

$$s = 5.655 + (x - 1) \times 0.734 \quad (1)$$

x : 乗車人数

下車にかかる時間：

$$u = 1.302 + (y - 1) \times 0.704 \quad (2)$$

y : 下車人数

シミュレータでは人の動きに関する時間を式(1)、式(2)より求めた。

4. シミュレータ

4-1.エレベータの仕様

シミュレータを作成する際に、考慮した構成要素とその構成を以下に挙げる。

かご：シャフト内を一定方向に移動する。シャフト間の移動、及びかごの追い越しは考えない。

エレベータかごが上下するシャフト：隣り合った2つ分のシャフトを1対として考える。シャフトは昇り専用、下り専用に分かれる。

乗客：乗り降り、かごが満員時に乗るか乗らないかを判断する時間を考慮する。

CMCEの基本的な運行確認をするために、表1に挙げる仕様を想定した。

シミュレータを作成するには、かごの移動の他に、人の動きも考慮した。

階数	30
階間	4.5 m
開時間	2.0 s
閉時間	2.0 s
最高秒速	6.0 m/s
加速度	2.0 m/s ²
補正	2.0 m/s ³
許容人数	24 人

4-2.交通需要

交通需要の発生はポアソン分布に従うものとし、出発階と行き先階の割合を表すOD表²⁾と、ビル全体の単位時間当たりの乗客発生とにより規定する。乗客のOD分布は1階から一般階(2~最上階)への交通量を a 、一般階から1階への交通量を b 、一般階からほかの上方の一般階への交通量 c 、一般階からほかの下方の一般階への交通量を d とし、

$$a : b : c : d = 10 : 10 : 1 : 1 \quad (3)$$

とした。

表2 人数の偏りの変化

昇り	下り
85%	15%
90%	10%
95%	5%
15%	85%
10%	90%
5%	95%

5. 実験

1回の実験では3000人の乗客が10分ごとに投入されるものとする。乗客発生率については混雑時と、昇り下りに

偏りがある場合について考えた。混雑の比較をする場合には、10分ごとの投入人数を、50人、100人、150人と変化させた。昇りと下りに偏りがある場合には、表2に挙げる割合ごとに100人ずつを投入した。昇りと下りに偏りがある場合は、朝や夕方のラッシュ時を想定したものである。乗降に偏りがない場合を、昇りが多くくだりが少ない場合を、昇りが少なくくだりが多い場合とする。

6. 結果

シミュレータの計算結果より、ドア開閉未開閉の回数の割合、投入人数の変化による停止回数の変化、開閉時間の回数の変化の比較を行った。

6-1. ドア開閉未開閉の割合

図2に のドア開閉停止、未開閉停止の割合変化を示す。これより、単位時間当たりの投入人数の変化によりドア開閉停止の割合が増すことがわかる。

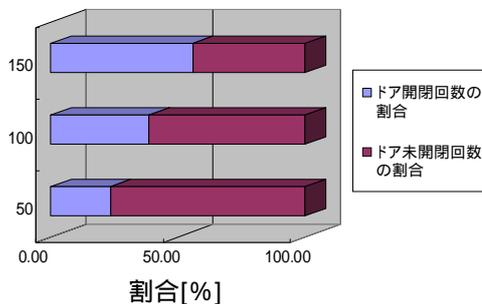


図2 ドア開閉未開閉割合表(OD分布使用)

6-2. 未開閉停止時間の比較

図3、図4、図5にはドア未開閉の停止時間とその回数をまとめた。図3より、投入人数により停止回数が増えることがわかる。また、ある程度混雑すると、停止時間の多くが4秒前後になることがわかる。さらに、図4、図5からはおきやすい停止時間が読み取れる。図4からは、4秒前後の停止時間がおきやすく、回数が多いことがわかる。図5からは12秒前後長時間停止している場合もあるが、停止回数自体は少ないことがわかる。

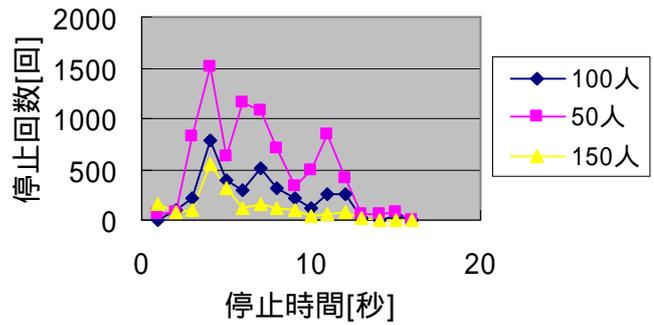


図3 未開閉停止時間(OD)

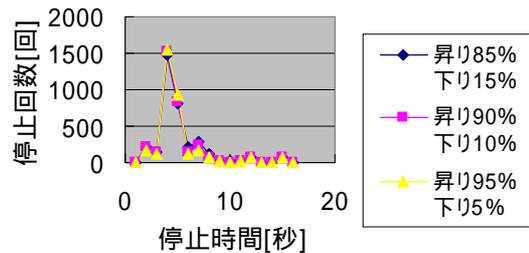


図4 未開閉停止時間(昇り多)

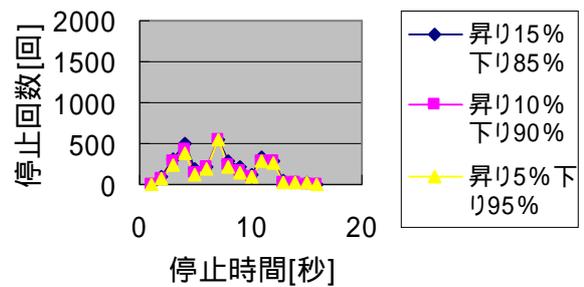


図5 未開閉停止時間(下り多)

6-3. 回転回数及び回転時間の比較

図6、図7、図8には運行の際の回転回数及びその時間についてしめた。図6は の投入人数100人のデータをまとめているが、投入人数50人、150人の場合も同様に幅のあるグラフになった。図6からは、回転時間に幅があり、1階から30階までの移動には最長で8分程度かかることがわかる。図7には のデータをまとめた。この場合も、昇降の割合の変化があってもピークが出やすい場所があるわけではなく、幅が広いグラフができた。図8には のデータをまとめた。昇降の変化に関係なく、どの場合も1000秒前後にピークが出た。よって朝のラッシュ時のような状態で1階から30階まで移動するには8分ほどかかってしまうことがわかる。

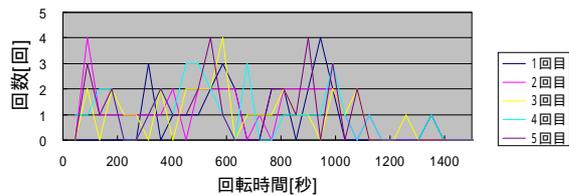


図6 OD100人ずつ投入時の回転時間の変化

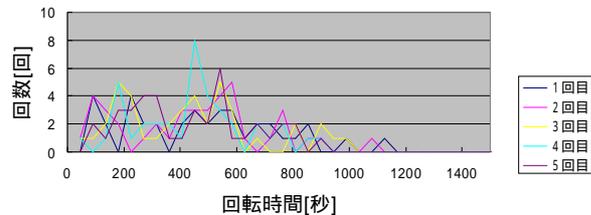


図7 昇り10%下り90%の回転時間の変化

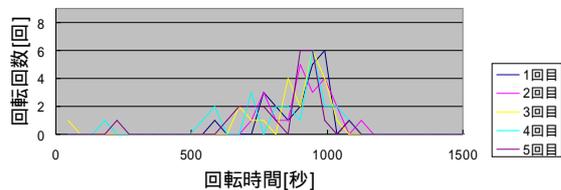


図8 昇り95%下り5%の回転時間の変化

6-4.一般型とCMCEのドア開閉回数の比較

CMCEと一般型でドア開閉回数の比較を行った。投入人数50人ずつのデータを用いて比較したところ、CMCEではかご1つあたりの停止回数が80回だったのに対し、一般型のほうでは373回になった。

また、の場合で投入人数を変化させて5回計測しドア開閉回数の平均値をまとめたものを表3に示す。表3より、一般型もCMCEも投入人数

表3 ドア開閉回数の比較

投入人数	一般型	CMCE
50	457.7	80.6
100	368.2	31.0
150	309.7	15.2

の増加に伴い開閉回数が減っていることがわかるが、一般型はCMCEほど大きく減少しない。

7. まとめ

7-1. ドア未開閉

単位時間当たりの投入人数を変化させることで、混雑している状態、すいている状態を再現し

たが、どの場合であってもドア未開閉時間は多発する。またすいていればすいているほど、ドア未開閉の回数の割合が増す。それに対し、昇降する人数の偏りの割合が変化しても、ドア未開閉回数の割合はほぼ変化しない。

7-2. 未開閉停止時間

未開閉停止時間は6秒前後である場合が多いが、15~20秒停止する場合も多々ある。また、の場合には未開閉停止時間が短くなりやすいのに対して、の場合には未開閉停止時間は長くなりやすいが、未開閉停止回数は少なくなる。

7-3. 回転時間

構造上CMCEは回転しながら運搬を行うが、その際の回転時間は、の場合には回転にかかる時間の幅が広い。それに対しの場合には、昇降の変化があっても1000秒前後にピークが現れたため、1階から30階まで移動する場合には500秒ほどで移動ができるということがわかる。

7-4. CMCEの評価

以上のことから、CMCEについて従来言われていた、省スペース化、待ち時間の短縮化というメリットのほかに、ドア開閉回数が少なくなることから、開閉に使用するエネルギーが少なくてすむと考えられる。

また、ドア未開閉停止時間があるという問題点があるが、ドア未開閉停止時間が長い、かつ回数が多いということがわかった。これより、今後の課題として、ドア未開閉停止時間をいかに減らし、快適性を確保するかが求められます。また本研究の課題としては、一般型のエレベータのシミュレータの性能を上げ、より細かな比較をできるようにすることが挙げられる。

参考文献

- 1) <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews>
- 2) 鈴木, 高橋, 佐野, 須藤, Markon, 喜多: 遺伝的アルゴリズムによるマルチカーエレベータ制御ルールのシミュレーションベース最適化, 計測自動制御学会論文集 40-4, 466/473(2004)