

回生蓄電電源による停電時にも運転可能な 避難用エレベータの実現可能性

岩田 将哉*, 金子 裕良, 阿部 茂 (埼玉大学)

Feasibility Study of Regenerated Power Accumulation System for Evacuation Elevators running at Blackout

Masaya Iwata, Yasuyoshi Kaneko, Shigeru Abe (Saitama University)

1. はじめに

バリアフリーや高齢化の進展により、高層ビルで働く身体障害者や高齢者の数が増えている。火災時などの避難に階段と共に、現在は認められていないエレベータを利用する検討や研究が世界的に盛んになっている⁽¹⁾⁽²⁾。エレベータによる避難を実現するには、ビルとエレベータ両面で解決すべきいくつかの問題がある。特に停電時のエレベータ電源の問題は重要で、非常電源を備えるビルでも一般に全エレベータを運転できるだけの非常電源容量は確保されていない。

避難時は下方向交通となるため、乗客の位置エネルギーをうまく利用すれば、エレベータは主に電力回生運転となる。従って小容量の電力回生蓄電機能を備えた電源を用意すれば、停電時でも 30 分程度の避難運転が可能となる。

本研究ではこの方式の実現可能性を検討した。避難運転時の電力計算、蓄電容量を小さくするための運転方式、シミュレーション結果について報告する。

2. エレベータの消費電力と回生電力

図 1 にかごと釣合い重りを、図 2 に速度パターンを示す。ロープ式エレベータは、かご重量 M_C 、積載量 (定員乗客重量) M_P の場合、定員の 50% 乗車時のかご重量と釣合うように釣合い重り重量 M_{CW} を決める。定員乗車時のかごに働く下方向の力 F_0 は、 $F_0=0.5M_P \times g$ となる。機械系の効率を η とすると、定格速度 v_0 で上昇するに必要な巻上電動機出力 P_{E0} [W] は、 $P_{E0}=0.5 M_P \times g \times v_0 / \eta$ となり、一般にこの値を電動機定格出力としている。従って走行損失 P_L は $P_L=0.5 M_P \times g \times v_0 \times (1/\eta - 1)$ となる。ギヤレス巻上機の場合 η は 0.8~0.85 である。運動方程式は(1)式で表される。

$$(M_{CP} + M_{CW}) \times a = F - (M_{CP} - M_{CW}) \times g - F_L \dots (1)$$

$$M_{CP} = M_C + m \times n \quad F_L = P_L / v_0$$

ここで、 F : ロープを引く力、 v : かごの速度、 a : 加速度、 $P_E (=F \times v)$: 電動機出力、 m : 乗客一人の重量、 n : 乗車人数。

避難運転時は空車の上昇とほぼ満車の下降となる。図 3 にこれらの場合の F と P_E を示す。定数は表 1 の値を用い、 $\eta=0.85$ とした。回生エネルギーは図 3 下の回生電力 $-P_E$ を時間積分した面積 S から求められる。

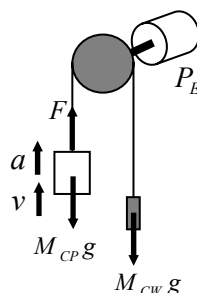


図 1. かごと釣合い重り
Fig. 1. Car and counter-weight

表 1. エレベータ定数
Table 1. Parameters of elevator

ビル階数 16 階 (N=15)	階間距離 FD=4.0m
$M_C=1600\text{kg}$	$M_P=1600\text{kg}$
$M_{CW}=2400\text{kg}$	$m=66.7\text{kg}$
$v_0=3.0\text{m/s}$	$a=0.8\text{m/s}^2$

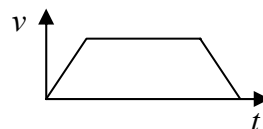


図 2. 速度パターン
Fig. 2. Speed pattern

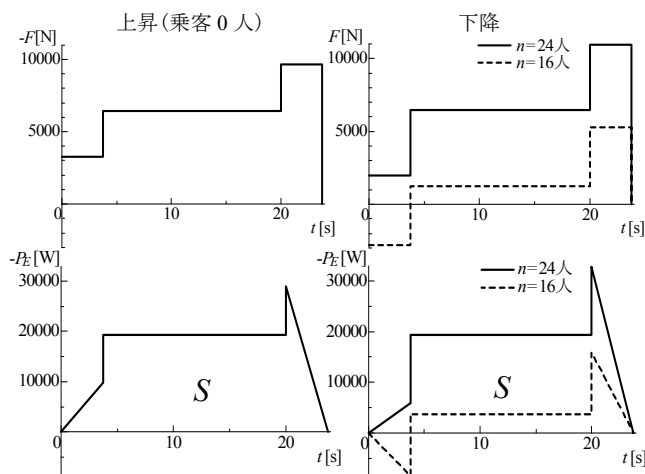


図 3. F と回生電力 $-P_E$
Fig. 3. F and motor output power $-P_E$

3. エレベータの避難運転方式

図 4 に示す A、B 2 つの運転方式を考える。

(1) 運転方式 A⁽²⁾

$N+1$ 階のビルにおいて火災階は想定せず、階段とエレベータを併用して最短時間で全館全員避難する方式である。エレベータは玄関階 (1 階 $N=0$) と最適な避難時乗車階 (以下 E 階と記す $N=E$) との間をピストン運転し、 E 階より上階の人は E 階まで階段で下り、 E 階でエレベータに乗る。 $E-1$ 階より下階の人はエレベータを利用せず、階段で玄関階まで避難する。

(2) 運転方式 B

退社時の運転方式である。上りはエレベータは無停止で最上階まで上り、下りは途中階に順次停車し乗客を乗せる。

下りの予想停止数 S は乗車人数 n を用い(2)式で計算する。

$$S = N \times \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^n \right\} \dots\dots (2)$$

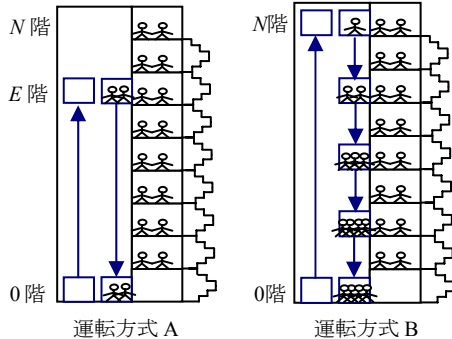


図 4. エレベータの避難運転方式
Fig. 4. Elevator operations in evacuation

4. シミュレーション

<4.1>シミュレーション方法

A, B の運転方式について、下りの乗車人数 n を変化させ、エレベータが 1 往復に要する時間 RTT (Round Trip Time)を求め、1 台のエレベータを 30 分間運転した場合の消費(回生)エネルギーを計算する。両運転方式とも上りは空車で電力回生運転となる。走行損失は乗車人数によらず一定とする。なお表 1 と次の定数を用いた。

$n=0\sim 24$ 人, 乗降車時間 $t_l=t_u=1.0s$, 戸開閉時間 $t_o=t_c=2.5s$, $\eta=0.80$ と 0.85 。

運転方式 A では 16 階ビル($N=15$)で $E=10$ とし、 E 階で n 人が乗車する。運転方式 B では乗車人数 n を決めると(2)式で予想停止数 S が決まる。各停止階で n/S 人ずつ乗車する。平均走行距離 $=FD \times N/S$ として走行時間を計算する。

<4.2>シミュレーション結果

各運転方式の RTT を図 5 に示す。乗車人数 n が増えるにつれて、両運転方式の RTT の差が著しく大きくなる。

30 分間運転時の回生エネルギーを図 6 に示す。回生エネルギーが正となり、かつ適当な回生蓄電電源があれば、停電時でも運転可能となる。このためには $\eta=0.85$ の場合、運転方式 A では下り乗車人数が 5 人以上でよいが、運転方式 B では 8 人以上必要である。上り(空車)時だけの回生エネルギーは常に正であるが、 RTT の増加と共に減少する。

30 分間の平均回生電力は、最大となる運転方式 A で乗車人数 24 人の場合、 $\eta=0.85$ で $5.6kW$ である。

5. まとめ

停電時に運転可能な避難用エレベータの回生蓄電電源を提案した。電力計算シミュレーション結果から実現可能性は高いと思われる。今回は機械的な損失のみを考えたが、今後は電動機効率、制御電源効率、蓄電装置効率⁽³⁾、照明等の電氣的な損失も考慮し、蓄電装置容量や設置スペースなどを検討する予定である。

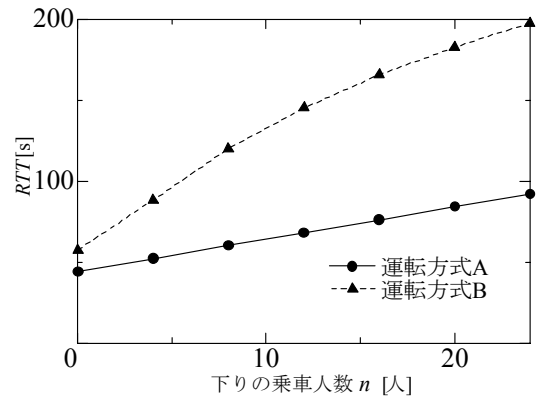
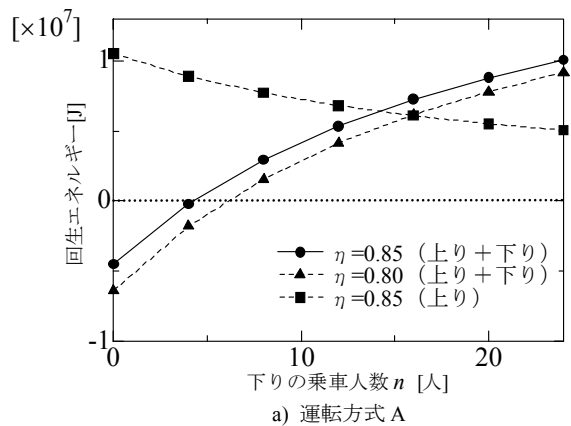
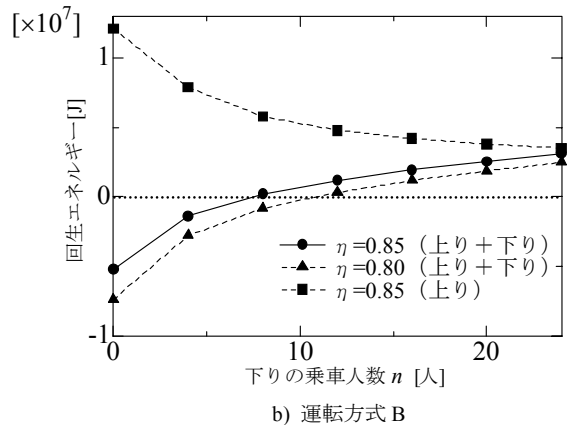


図 5. 一周時間
Fig. 5. Round Trip Time



a) 運転方式 A



b) 運転方式 B

図 6. 30 分間運転時の回生エネルギー量
Fig. 6. Regenerative energy in 30 minutes operation

文 献

- (1) 中濱・池島・関沢・海老原・野竹, “高層ビルにおけるエレベータ避難の可能性に関する研究(その 1)-エレベータ避難モデルの開発-”, 平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集 (2004)
- (2) 出利葉・金子・阿部, “エレベータ利用によるビル火災時の避難時間の短縮”, 平成 18 年電気学会全国大会
- (3) 楠馬・小林・富永・菅・荒木・池島・田島, ” 回生電力蓄電システムによる省エネエレベーターの開発”, 平成 13 年電気学会全国大会 4-191 (2001)