

行先階登録と適応制御によるエレベーター群管理

正員 匹田 志朗* 正員 岩田 雅史**
正員 阿部 茂**

Elevator Group Control with Destination Call Entry and Adaptive Control

Shiro Hikita*, Member, Masafumi Iwata**, Member, Shigeru Abe**, Member

We propose a new elevator group control method with destination call entry system for up-peak periods such as the morning peak in office buildings. This method can reduce the passengers' average waiting time, by allocating an appropriate number of destination calls to each car. Also the real-time simulation is used to determine the optimal number of calls. The results of some simulations are included to verify the effectiveness of the proposed method.

キーワード：エレベーター群管理，行先階登録方式，割当てアルゴリズム，リアルタイムシミュレーション

Keywords : Elevator Group Control, Destination Call Entry System, Dispatching Algorithm, Real-time Simulation

1. まえがき

エレベーター群管理システムはビル内に就役する複数のエレベーターを効率的に運用し，乗客を速やかに運搬する使命を担っている^{(1)~(8)}。

通常のエレベーターシステムにおいては，乗場にUP/Down形式の乗場ボタンが設置されている。

また，最近では乗場で直接行先階を入力できる乗場行先階登録装置を設置した方式が報告されている^{(4)~(7)}。乗場行先階登録装置を設置することによって，以下の利点により輸送効率向上をはかることができる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

- (1) 乗場で“呼び”が入力された時点で行先階が既知となる。各呼びに対して応答すべきエレベーター（以下割当てかごと表記）の決定に有益な入力情報となる。
- (2) 玄関階から同じ行先階に向かう乗客を極力同じかごに乗車させることにより，各エレベーター（かごと表記）の停止数を減少させることができる。

特にUp-peakにおいては上記(2)の効果が大きい。これまでもかご停止数を減少させるための方式として，ゾーン分割方式などいくつかの方式が提案されている⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

本稿では玄関階に乗場行先階登録装置を設置したシステムを前提とし，特にUp-peak時間帯に焦点をあてる。そして，“呼び個数制限”とリアルタイムシミュレーション⁽⁷⁾を用い

た適応制御の概念を導入し，エレベーター群の輸送効率を向上させる新しい方法について述べる。また，シミュレーション実験を通じて従来方式との比較検討を行い，本方式の効果を示す。

2. システムの概要

〈2・1〉 システムの概要 本稿では前提として，玄関階だけに乗場行先階登録装置を設置する場合を考慮する。この場合の玄関階に設置する機器の例を図1に示す。このような機器を設置した場合，玄関階では以下の動作が行われることになる。

- (1) 玄関階で乗客は図1の乗場操作盤(Hall Operating Panel)を使用し，自分の行先階ボタンを押す。
- (2) システムは登録された行先階に対する割当てかごを決定し，行先階ボタンの横にその号機名を表示する。
- (3) 乗客は号機表示されたかごの到着を待ち，到着後乗車する。

以上のように図1の機器を設置することによって，行先階毎に割当てかごを決定し，当該かごに乗車するように乗客を誘導することができる⁽⁷⁾。

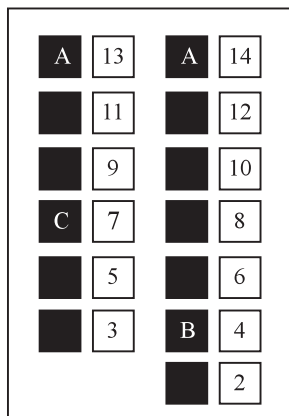
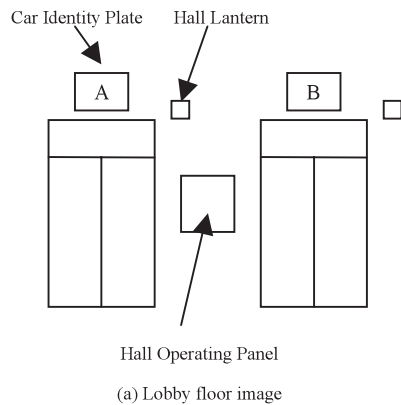
なお，図1の機器は乗場行先階登録方式の一例であり，その他にもいろいろな機器を設置する例が報告されている^{(4)~(6)}。いずれにせよ，乗場行先階登録方式に要求される機器（機能）は以下の2点である。

- ・乗場で乗客の行先階を登録できること。
- ・行先階毎に応答するかごが乗客に明示されること。

ここで，通常のエレベーターシステムでは乗場で乗客がボタンを押したとき“乗場呼び”が登録されたという。本

* 三菱電機株式会社 稲沢製作所
〒492-8682 愛知県稲沢市菱町1
Mitsubishi Electric Corp., Inazawa Works
Hishimachi 1, Inazawa, Aichi 492-8682

** 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町8-1-1
Mitsubishi Electric Corp., Advanced Technology R & D Center
8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661



(b) Hall Operating Panel

図 1 玄関階設置機器

Fig. 1. Devices at the lobby floor.

稿では UP/Down ボタンを設置した階での乗場呼びをそのまま“乗場呼び”と表記する。乗場行先階登録装置設置階（玄関階）では行先階毎に複数の乗場呼びができるので、行先階ごとの乗場呼びを“行先呼び”と表記する。また“かご呼び”とは、乗客乗車後に登録された行先階を意味し、これら乗場呼び・かご呼び・行先呼びを総称して“呼び”と表記する。

〈2・2〉 行先階毎割当て方式 乗場行先階登録方式を仮定した場合、発生する行先呼びに対する割当てかごをいかにして決定するかが輸送効率に大きな影響を及ぼす。

通常の群管理制御における割当てかご決定には、乗客の待ち時間、満員確率、予報はずれなど多数の評価項目を総合的に判断する方法がとられる^{(1)~(3)}。これは一種の多目的最適化問題となるが、各評価項目間の荷重和など、特定の評価関数を使用する方式が多い。ここで評価関数方式とは、新たに発生した呼び（乗場呼びまたは行先呼び）に対して特定のかごを割当てたときの、グループ全体のサービスを所定の評価関数により数値的に評価する方法である⁽²⁾。

また、とくに強 Up-peak において行先階登録方式を採用する場合は、待ち時間よりもサービス完了時間（乗客がホールにきてから行先階に到着するまでの時間）を評価することが好ましいとされている⁽¹⁾。そこで、まず簡単な予備実験

を行い、評価関数方式を採用した場合での乗場行先階登録方式の効果について検証する。

なおここでは、新たに乗場呼び・行先呼びが発生したとき、下記（2）式の評価関数を最小化するように割当てかごを決定する。

$$J(e) = \min \{ J(1), J(2), \dots, J(N) \} \dots\dots\dots(1)$$

$$J(i) = \alpha_1 E_1(i) + \alpha_2 E_2(i) + \alpha_3 E_3(i) \dots\dots\dots(2)$$

e : 割当てかご, N : かご台数

E₁(i) : かご i (i=1, ...,N)を新規乗場呼び・行先呼びに割当てた場合の、発生中の各呼びに対する待ち時間評価の総和

E₂(i) : かご i を新規乗場呼び・行先呼びに割当てた場合の、発生中の各呼びに対するサービス完了時間評価の総和

E₃(i) : かご i を新規乗場呼び・行先呼びに割当てた場合の、発生中の各呼びに対する満員確率評価の総和

α₁, α₂, α₃ : ウェイト

以下にここでの実験仕様を示す。

【実験 1 仕様】

- ・かご 6 台, 速度 150m/min, かご定員 20 人
- ・16 停止ビル (1F-16F)
- ・乗客 : 全乗客が 1 階から乗車 (玄関階 : 1 階)
- (Case 1-1) 2400 人/H,
- (Case 1-2) 1200 人/H

ポアソン (ランダム) 到着を仮定。

各乗客の行先階分布は各階均一 (ランダム) とした。

統計的信頼性のため、5 時間分のデータを作成。

比較対象として以下の方式をとりあげた。なお、UP/Down ボタン式では呼び発生時点では行先階が不明のため、サービス完了時間の正確な評価は困難である。

- (方式 1) UP/Down ボタン式, (待ち時間評価重視)
- (方式 2) 乗場行先階登録方式, (待ち時間評価重視)
- (方式 3) 乗場行先階登録方式
(サービス完了時間評価重視)

方式 1, 2 は, 上記評価関数 (2) においてウェイト α₂ = 0, 方式 3 は α₁ = 0 としたものである。

表 1 にシミュレーション結果を示す。ここでは輸送効率を示す指標として、乗客の待ち時間、サービス完了時間の平均値を示す。また、各かごが 1 階を出発してから再び 1 階に戻るまでに何度各かごが停止したかを表す 1 周回毎平均停止回数を示す。

表 1 から明らかなように、想定した強 Up-peak 交通 (Case 1-1) は、方式 1, 2 では捌ききれない。しかし、このような場合でも方式 3 では、一定の輸送効率を確保している。

また方式 1 および 2 では 1 周回毎の平均停止回数が多く、1 階に各かごがなかなか“帰還”できない状況が発生しているものと思われる。それに対して方式 3 では平均停止回数が減少しており、各かごが速やかに 1 階に帰還できている。

サービス完了時間評価を重視すると、全体的に行先呼び

表 1 実験 1 結果

Table 1. Results of Experiment 1.

(Case 1-1) 2400 persons/hour			
	Method 1	Method 2	Method 3
Ave. Waiting Time	210.8 sec.	146.0 sec.	31.3 sec.
Ave. Service Completion Time	291.0 sec.	225.5 sec.	83.4 sec.
Ave. No. of Stops per Round Trip	11.2 stops	10.9 stops	4.5 stops

(Case 1-2) 1200 persons/hour			
	Method 1	Method 2	Method 3
Ave. Waiting Time	1.5 sec.	1.5 sec.	15.6 sec.
Ave. Service Completion Time	60.7 sec.	63.1 sec.	59.0 sec.
Ave. No. of Stops per Round Trip	6.5 stops	5.9 stops	3.3 stops

割当てが多くのかごに“分散”される傾向が生じる。その結果、同じ行先階の乗客は同じかごに割当てられる確率が高くなり、停止回数が減少したものと推察される。

上記から強 Up-peak 交通では、各かごの停止回数を減少させ、各かごの周回時間を短縮すれば一定の輸送効率を確保できることがわかる。

一方、乗客数が比較的少ない場合 (Case 1-2) では、むしろ待ち時間評価重視の方が優れている。かご内乗車人数が少ない場合、行先呼び発生数も少ないため、かご停止回数も多くない。待ち時間評価重視の場合、各乗客の行先階によって乗車可能なかごが限定されないで待ち時間が短くなったと推察される。この点でサービス完了時間を重視した場合、必然的に待ち時間は長くなりがちである。

以上実験結果をまとめると、要点は以下のようになる。

- ・ 強 Up-peak においては、各かごの平均停止回数を減少させることにより、輸送効率を高めることができる。
- ・ 乗客数が少ない場合には待ち時間重視が良い。

また上記のサービス完了評価方式以外にも、強 Up-peak において各かごの平均停止回数を減少させる方式⁽⁵⁾も報告されている。次章ではこの従来方式について述べるとともに新しい方式を提案し、その効果について検証する。

3. 呼び個数制限方式

〈3・1〉 ゾーン分割方式 前章で、強 Up-peak では各かご停止回数を減少させる必要があることについて述べた。この点を考慮した方式としてゾーン分割方式⁽⁵⁾がある。これは上方階 (玄関階: 1階より上の階) をいくつかのゾーンに分割し、ゾーン単位で 1階からの行先呼びを割当てする方式である。例えば 2 章実験 1 のビルで、2F-6F, 7F-11F, 12F-16F のように 3ゾーンに分割すれば、1階からの乗客は行先階に応じていずれかのゾーンを担当するかごに乗車するよう誘導される。この方式では 1台のかごが担当する 1階からの行先呼び数は、担当するゾーンに含まれる階床数以下となり、かごの停止予定回数を減少させることができる。

その反面、上記例で例えば 2F, 8F, 10F の順番に乗客が訪れた際、2F-6F を担当するかごが到着しても 2 番目以降の乗客は乗車できない。このように行先がゾーンに固定されているため、乗客の到来順序によっては若干待ち時間が増加

する場合も懸念される。

以上の点を踏まえ、ここでは行先呼び毎割当てかご決定方法の新しい方法を提案する。

〈3・2〉 呼び個数制限方式 ここで提案する方式の骨子は、各かごに受け持てる行先呼び数に制限を加えることにある。ここではこれを呼び個数制限方式と呼ぶ。

以下に呼び個数制限方式の基本コンセプトを示す。

(1) 行先呼び割当てを行う際に、一定の個数制限値を設定。すでに制限値以上の行先呼びをもつかごには、新規行先呼びを割当てない。

(2) それ以外のかごの中で評価値 (特に待ち時間評価) の良いかごに割当てする。

この方式によれば各かごの停止予定数を制限できる。また制限以内であれば、乗客の到来順序に従い到着したかごに順次乗車してもらえるので、不必要な待ち時間増加を招くことがなくなる。

上記コンセプトを具体的に記述した行先呼びに対する割当てかご決定手順は、下記のごとく記述できる。

【行先呼び割当てかご決定方法: 呼び個数制限方式】

Step 0: 1階で行先呼び発生。呼び個数制限値 M を所定の値にセットし、 $R=\{\}$ とする。(R: 新規行先呼びに対する割当て候補)

Step 1: かご i ($i=1, \dots, N$: N はかご台数) に当該行先呼びを割当てたときの担当呼び個数 A_i を、後述の手順で計算。

Step 2: $A_i \leq M$ となるかご i を割当て候補 R に含める。

Step 3: Step 2 で設定した割当て候補 R が存在するか否かの判定。存在しない ($R=\{\}$) 場合、 $M \leftarrow M+1$ として、Step 2 に戻る。存在する ($R \neq \{\}$) 場合、Step 4 へ進む。

Step 4: 下記 (3) 式に従い、割当て候補 R の中から所定の評価関数 (待ち時間重視: (2) 式で $\alpha_2=0$) を最小化するかごを新規行先呼びに対する割当てかごとする。

$$J(e) = \min \{ J(i) \} \quad (e: \text{割当てかご}, i \in R) \dots \dots \dots (3)$$

Step 3 で候補かごが存在しない場合、個数制限値 M を緩和する手順をとっている。実際のビルでは Up-peak 期間中でも上方階に乗場呼びが生じる。そして、上方階乗場呼びが多数発生したとき、個数制限値によっては候補かごが存在しなくなる場合があるからである。したがって個数制限値を少なく設定した場合、各かごの担当呼び個数を均等化する効果をもたらす。

また上方階乗場呼びに回答したかごは、1階からの行先呼び以外に停止回数が増加する。したがって、上記手順 Step 1 における担当呼び個数のカウントにもこの要素を加味する必要がある。

【担当呼び個数計算方法】

すでに割当てられている 1階からの行先呼び個数 D 、上方階乗場呼び数 H 、判明しているかご呼び数 C をカウント。担当呼び個数 $= D + 2H + C$ とする。

上記各呼びで重複するものがある場合、計算した担当呼び個数から重複数を減算する。

上記担当呼び個数計算式の意味は、各かごの周回あたり

の予定停止回数を求めていることにある。乗場呼びが割当てられている場合、応答のためその階に停止する必要がある。また少なくとも乗場呼び階以降の階で当該乗客行先階降車のためさらに一度は停止しなければならない。ここで UP/Down ボタン設置階の乗場呼びの場合、行先階を事前には知ることはできない。2Hを加算しているのは、上記理由により上方階からの乗場呼びからは少なくとも1個のかご呼びが発生するとの考えに基づく。

〈3・3〉 実験 本節では前節で示した方式の効果を示すため、仮想ビルを想定したシミュレーションによる比較実験を行う。以下にここでの実験仕様を示す。

【実験2仕様】

- ・かご6台，速度150m/min，かご定員20人
- ・16停止ビル（1階-16階）
- ・下記方式1では全階UP/Down呼び登録を仮定。方式3～5は1階のみ行先呼び登録。2階以上の階ではUP/Down呼び登録。
- ・乗客データ：ポアソン（ランダム）到着を仮定。
 - (case 2-1) 2400人/H, 100% 1階から乗車
 - (case 2-2) 2400人/H, 90%が1階から乗車
 - (case 2-3) 2400人/H, 80%が1階から乗車
 - (case 3-1) 1200人/H, 100% 1階から乗車

(case 3-2) 1200人/H, 90%が1階から乗車
 (case 3-3) 1200人/H, 80%が1階から乗車
 なお(case 2-2, 2-3, 3-2, 3-3)で，上方階での乗客 Arrival rate は均一であるものとした。また各乗客の行先階分布は各階均一（ランダム）とした。
 ここでの比較対象は以下の4方式とした。

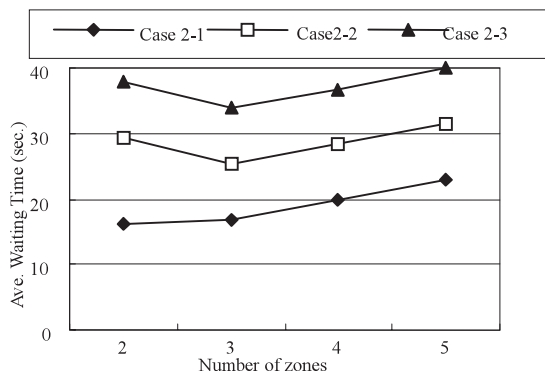
- (方式1) 全階UP/Down ボタン式（待ち時間評価重視）
- (2) 式で $\alpha_2 = 0$ とした評価関数を採用
- (方式3) 1階乗場行先階登録方式（サービス完了時間評価重視）
- (2) 式で $\alpha_1 = 0$ とした評価関数を採用
- (方式4) 1階乗場行先階登録方式，ゾーン方式
 2階以上の階を予め2～5のゾーンに分割しておく

表2 実験結果2：平均待ち時間

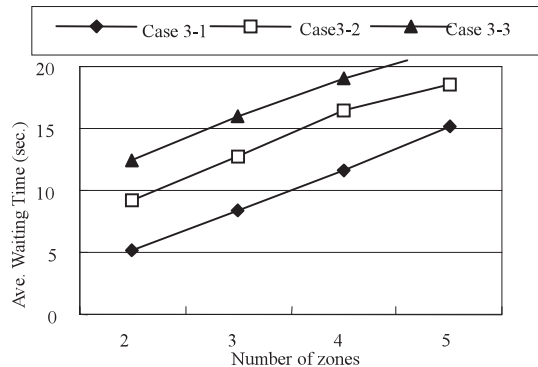
Table 2. Results of Experiment 2: Average Waiting Time.

	Method 1	Method 3	Method 4*	Method 5*
Case 2-1	210.8 sec.	31.3 sec.	16.3 sec.	12.2 sec.
Case 2-2	281.0 sec.	37.1 sec.	25.2 sec.	21.0 sec.
Case 2-3	271.9 sec.	48.9 sec.	33.9 sec.	29.2 sec.
Case 3-1	1.5 sec.	15.6 sec.	5.1 sec.	1.5 sec.
Case 3-2	4.6 sec.	18.6 sec.	9.2 sec.	4.6 sec.
Case 3-3	8.1 sec.	21.1 sec.	12.5 sec.	8.0 sec.

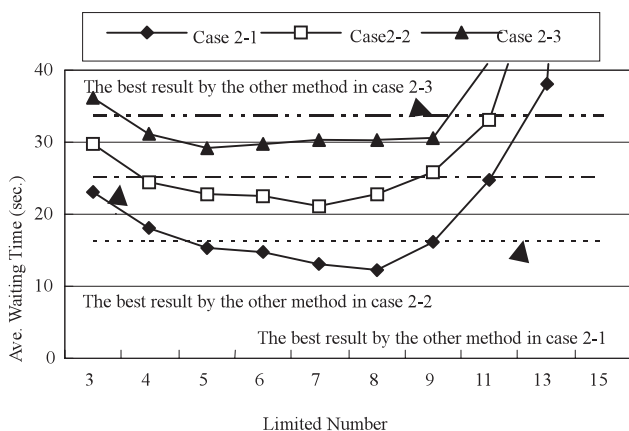
(* Only the best results are written for Method 4 and 5)



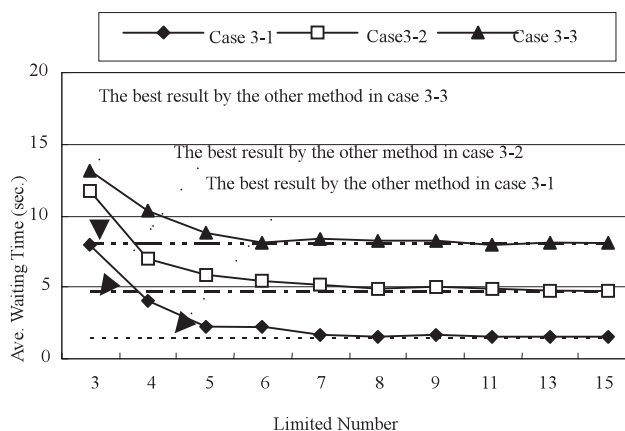
(a) Results by Method 4: 2400 persons/hour



(b) Results by Method 4: 1200 persons/hour



(c) Results by Method 5: 2400 persons/hour



(d) Results by Method 5: 1200 persons/hour

図2 実験結果2

Fig. 2. Results of Experiment 2.

く。新規行先呼びが発生したとき、その行先階を含むゾーンを担当するかごがない場合、当該新規ゾーン割当ては待ち時間重視評価（(2)式で $\alpha_2 = 0$ ）で実施。ゾーンを担当するかごがある場合、そのかごに割当てする。

(方式5) 1階乗場行先階登録方式、呼び個数制限方式。呼び個数制限値を3~15の間で変化。制限個数内かごの中から待ち時間重視評価（(2)式で $\alpha_2 = 0$ ）で割当て。

なお(case 2-2, 2-3, 3-2, 3-3)で、上方階での乗場呼びに対しては(方式1)と同等の方式で割当てかごを決定するものとした。乗場行先階登録方式で待ち時間重視は、前章の実験でいずれの場合でも最適値を得ていないので省略した。

また方式4では、各ゾーンに含まれる階床数を可能な限り均等にとった。階床数を同じにできない場合、最上層ゾーンの階床数を1少なくした。例えば、4ゾーンならば2階-5階、6階-9階、10階-13階、14階-16階である。

実験結果を表2及び図2に示す。表2は各Caseにおける結果（平均待ち時間）である。なお表2で、方式4と5についてはゾーン数や個数制限値を変化させた中での最適値を記載した。

また図2(a), (b)に各Caseにおけるゾーン式の結果を、(c), (d)には呼び個数制限方式の結果を示す。

さらに図2(c), (d)には、各Caseについて呼び個数制限方式以外の方式で得られた最適値を併記した。すなわち以下の結果を図2(c), (d)に重ねて記載した。

Case 2-1 : ゾーン式 (方式4) 2ゾーン

Case 2-2, 2-3 : ゾーン式 (方式4) 3ゾーン

Case 3-1 ~ 3-3 : UP/Down ボタン式 (方式1)

ここで比較した各方式の特徴を以下に記載する。

(方式1) : 乗客数が少ない場合には安定した結果が得られる。しかし強 Up-peak には対応できない。

(方式3) : 強 Up-peak にも対応できるが、方式4や方式5に比較して待ち時間が長い。

(方式4) : ゾーン分割を適切に行えば強 Up-peak でもかなり良い結果が得られる。しかしこの方式での最適値は呼び個数制限方式の最適値に劣る。また例えばこの実験例でゾーン分割数が3の場合、実質的な各かごの行先呼び担当個数は5個となるが、ゾーン数を2または4に変更すると担当個数は平均7.5および3.75とかなり変化する。

(方式5) : 個数制限値を適切に選択すれば、呼び個数制限方式が全てのCaseで最適値を得ていることがわかる。またゾーン式に比較すると、各かごの行先呼び担当個数を、個数制限値という一つのパラメーターで木目細かく調整できるという特徴もある。

以上の実験結果から、Up-peakにおいて、乗客数および上方階交通の割合を変化させても、呼び個数制限方式によって最適な輸送効率を得られることが確認できた。

ただしこの方式では、交通に応じて個数制限値を適切に設定しなければならない。次章でこの方法について述べる。

4. 適応制御によるパラメーター調整

前章で示したように、個数制限値を適切に設定すれば、提案方式により良好な輸送効率を得られる。しかし台数・速度・階床数が変化した場合に最適値がどのようになるかを理論的に特定することは困難である。しかも、通常のビルではUp-peak 時間帯の中でも交通は動的に変化する。

そこで、本稿ではリアルタイムシミュレーションを用いた適応制御により最適値を決定していく方式⁷⁾を採用する。この方式は群管理システムに内臓したシミュレーターを用いて、定期的に本稿実験のごときシミュレーション実験を実施し、リアルタイムにパラメーター等を決定してゆく方式である。リアルタイムシミュレーションによる決定事項は、群管理システム全体としてはルールの有効・無効の判定や各種パラメーターの決定を行うことが望まれる⁷⁾が、本稿では個数制限値の最適値決定のみに焦点をあてる。

ここでの個数制限値決定の具体的手順を以下に示す

(Step 0) Up-peak 開始時点で個数制限値 M を所定の初期値 M_0 にセットする。すなわち $M \leftarrow M_0$

(step 1) 現時点から所定時間先までの交通を予測。

(step 2) 予測交通データを対象として、個数制限値が M , $M \pm 1$ の3ケースについてシミュレーションを実施し、最良の輸送効率を得られる値 M_{opt} を決定。

(step 3) $M \leftarrow M_{opt}$ とし、呼び個数制限方式で行先呼び割当てを実施。

上記で(Step 1)から(Step 3)までの手順は、例えば5分毎といった所定時間毎に繰り返す。このようにすれば、交通の変動に応じて最適値を選択していくことが可能となる。

以下この効果を確認するためにシミュレーション実験を行う。

【実験3仕様】

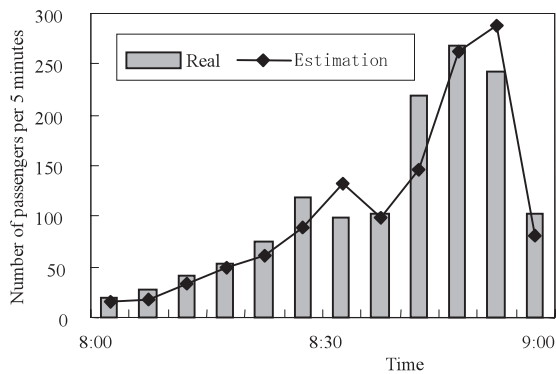
- ・ かご6台、速度150m/min、かご定員20人
- ・ 16停止ビル（1階-16階）
- ・ 方式1では全階UP/Down呼び登録を仮定。その他は1階のみ行先呼び登録。2階以上の階ではUP/Down呼び登録。

ビルおよびエレベーター仕様は前章で行った実験仕様と同じである。

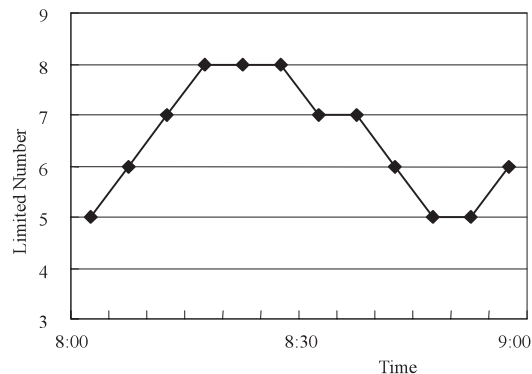
図3(a) (棒グラフ) に本実験で使用した交通データを示す。このデータは実際のビルで観測された交通データを元に作成した仮想データである。図から明らかなように8:00-9:00までに大きく変動する交通である。

また図3(a) (折れ線グラフ) には前記手順(Step1)における予測データを示す。予測される交通データは乗客数だけでなく、OD (Origin and Destination : 階間の移動の割合) が含まれるが、図には乗客数の予測値のみを示した。

交通の予測には当日データの時系列変化と、毎日の交通データの学習結果を反映することが望ましい⁷⁾。しかしここでは仮想データであるため、時系列予測のみを実施した。具体的には予測時点から過去25分間のデータを元に以下



(a) Number of passengers



(b) Limited number

図3 乗客数と個数制限値

Fig. 3. Number of passengers and Limited number.

に示す関数近似と平滑化処理により算出した。

$$y = \text{func}(X)$$

If $(y > \max(X) * 1.2)$ then $z = \max(X) * 1.2$

Else if $(y < \min(X) / 1.2)$ then $z = \min(X) / 1.2$

Else $z = y$

z : 予測値

X : 過去 25 分時系列データ (5 分単位 5 データ)

$\text{func}(X)$: 3 次関数近似式 (最小自乗法による)

図 3 (b)には前述の手順(Step 2)で実施したシミュレーションによる個数制限値の変化を示す。なお、ここでの制限値初期値は 5 個とした。この値は下記式により設定した。

$$\text{制限値初期値} = (\text{階床数}) / (\text{かご台数}) + 2$$

Up-peak 時間帯では玄関階からの乗車が非常に多く、行先呼びを多数発生するが、その他階間交通も多少は発生する。上式は 1 階から全ての階に行先呼びが発生した場合、各かが均等に担当し、さらに上方階乗場呼びを一つ担当した場合に相当する。“+2”とあるのは、乗場呼びを担当した場合、乗場呼び発生階とその行先階に停止する必要があるため、2 回停止分を加算した。実際には前章実験結果 (図 2 (d)) から明らかのように、乗客数が少ない場合は個数制限値をある程度以上にすれば輸送効率はあまり変わらない。しかし、その後の交通変化を考慮して上式により設定することとした。

図 3 (b)から個数制限値が 5 ~ 8 の間で動的に変化していることがわかる。定性的に分析すれば乗客数が少ない期間には 8 個まで増加し、最大ピークでは 5 個となっている。

そこで、ここでは比較対象として、UP/Down ボタン方式 (方式 1) と、呼び個数制限方式で制限値を 5~8 個の間で固定とした方式を採用し、適応方式との比較実験を行うこととした。

以下表 3 に実験結果 (平均待ち時間) を示す。

表 3 から、個数制限値を固定した場合に比べて適応方式が優れていることがわかる。交通に応じて個数制限値を調整した効果が明らかである。

なお、ここでは 1 種類の交通についてのデータのみを記

表 3 実験結果 3 : 平均待ち時間

Table 3. Results of Experiment 3: Average Waiting Time.

Method	Ave. Waiting Time
Method 1 (Up/Down buttons)	37.0 sec.
Limited number: 5 (Fixed)	20.2 sec.
Limited number: 6 (Fixed)	20.1 sec.
Limited number: 7 (Fixed)	18.7 sec.
Limited number: 8 (Fixed)	19.6 sec.
Adaptive Method	15.7 sec.

載したが、強 Up-peak を含む他の交通データに対しても同じ傾向の結果が得られている。

5. むすび

本稿では玄関階に乗場行先階登録装置を設置したシステムにおいて、特に Up-peak 時間帯に焦点をあて、行先階毎に応答号機を決定するための効率的な方法について提案した。

ここでは呼び個数制限方式の概念を導入し、従来方式との比較を通じて優位性を明らかにした。さらにリアルタイムシミュレーションを用いた適応制御との併用により、交通の変動に柔軟に追従できることを示した。

なお、本稿で述べた方式はすでに製品化され⁽⁷⁾、いくつかのビルで稼動している。先行文献⁽⁷⁾では製品機能概要について述べたが、本稿では行先呼び割当てに関する技術詳細について述べた。

(平成 15 年 6 月 26 日受付, 平成 16 年 1 月 19 日再受付)

文 献

- (1) G. C. Barney and S. M. Dos Santos : "Elevator Traffic Analysis Design and Control", Peter Peregrines, London (1985)
- (2) S. Hikita and K. Komaya : "A New Elevator Group-Supervisory Control System Using Fuzzy Rule-Base", *T. SICE Japan*, Vol.25, No.1, pp. 99-104 (1989-1) (in Japanese)
匹田志朗・駒谷喜代俊 : 「ファジールールベースを用いた新しいエレベータ群管理システム」, 計測自動制御学会論文集, **25**, 1, pp.99-105 (1989-1)

- (3) S. Hikita and K. Komaya : "Elevator Group Control During Morning Rush-Hours", *T. SICE Japan*, Vol.31, No.11, pp.1896-1904 (1995-11) (in Japanese)
 匹田志朗・駒谷喜代俊:「エレベーター群管理における出勤時運転について」, 計測自動制御学会論文集, **31**, 1, pp.1896-1904 (1995-11)
- (4) J. Schroeder : "Advanced Dispatching", *Elevator Technology 3, Proc. ELEVCON '90*, pp.189-198 (1990)
- (5) B. A. Powell : "Important Issues in Up Peak Traffic Handling", *Elevator Technology 4, Proc. ELEVCON '92*, pp.207-218 (1992)
- (6) M. Amano, M. Yamazaki, and H. Ikejima : "The Latest Elevator Group Supervisory Control System", *Elevator Technology 6, Proc. ELEVCON '95*, pp.88-95 (1995)
- (7) S. Hikita, M. Amano, and H. Ando : "The Latest Elevator Group Control System", *Elevator Technology 11, Proc. ELEVCON 2001*, pp.35-43 (2001)
- (8) S. Hikita and S. Abe : "Elevator Group Control Systems Using AI Technologies", *J. Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol.17, No.1, pp.57-62 (2002-1) (in Japanese)
 匹田志朗・阿部 茂:「エレベーター群管理制御における AI 技術の応用」, 人工知能学会誌, **17**, 1, pp.57-62 (2002-1)

匹田 志朗



(正員) 1958年12月6日生。1984年3月大阪大学大学院工学研究科精密工学専攻前期課程修了。同年三菱電機(株)入社。同社中央研究所, 産業システム研究所を経て, 現在, 稲沢製作所勤務。1990年9月~1991年8月米国カーネギーメロン大客員研究員。この間, 主として AI 技術とエレベーターシステムへの応用に関する研究・開発業務に従事。工学博士。計測自動制御学会, システム制御情報学会各会員。

岩田 雅史



(正員) 1966年8月6日生。1992年3月神戸大学大学院工学研究科計測工学専攻修士課程修了。同年三菱電機(株)入社。現在, 同社先端技術総合研究所勤務。工学博士。主に, エレベーターシステムの研究開発に従事。計測自動制御学会, システム制御情報学会各会員。

阿部 茂



(正員) 1949年3月29日生。1971年3月東京大学工学部電子工学科卒業。1976年同大学院博士課程修了。工学博士。同年三菱電機(株)入社。中央研究所, 産業システム研究所で電力系統, オブジェクト指向, 計算幾何応用のシステム研究開発に従事。1997年同社稲沢製作所エレベーター開発部長。2001年ビルシステム事業本部技師長。1985年電気学会論文賞受賞。電気学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会各会員。