サービス分布評価指標を用いたエレベータ群管理*

岩田 雅史[†]・匹田 志朗[‡]

Supervisory Control of Elevators Based on Evaluating Service Distribution*

Masafumi IWATA[†] and Shiro HIKITA[‡]

In this paper, we show an elevator supervisory control system which is able to reduce long waits. There are two ideas in this method. The first is that a special service is prepared for a critical condition like long waits. We use a special call allocation rule called the LW (*long waits*) reduction rule. The second is that an elevator system always provides potential services for passengers at each floor to increase the effect of the LW reduction rule. We propose a new type of evaluations called the ESD (*evaluating service distribution*) to evaluate potential services for each floor and to provide them. We have made some simulations with these ideas, and the results show the successful performance in reducing the rate of long waits.

1. はじめに

エレベータはビル内の人間の移動を担う交通システムである。大規模な高層ビルにおいては、複数台のエレベータのかご(以下、単にかごと呼ぶ)が設置されており、2～8台程度が一つの群として運用されている。エレベータ群管理システムは、複数のかごを群として扱い、効率よく運行することにより、輸送効率やビル全体の乗客へのサービス性の向上を目的としたシステムである。

エレベータ群管理に求められるサービス性能の代表的な指標として、平均待ち時間と長待ち発生頻度が挙げられる。以下、その二つの指標について簡単に述べる。エレベータでは乗客が乗り場においてボタンを押すことにより、呼びを発生させ、群管理装置が呼びに対して最適なかごを選択してサービスを行う。呼びが発生してから呼び発生階にかごが到着するまでの時間を待ち時間と定義する。ここで、全呼びに対する待ち時間の平均値を平

均待ち時間とする。また、60秒以上のように、通常よりも待ち時間の長い呼びの発生を長待ちと呼ぶ。長待ちは乗客発生のピーク時のみならず、オフピーク時においても発生する。

従来、平均待ち時間と長待ち発生頻度の二つの評価を向上させるために、ビル全体のサービスを考慮して群管理を行っていた。そのため、ビルの各階の乗客に対する待ち時間や満員通過などの発生予測を行い、それらの予測値に基づいた評価関数を定義し、その評価関数を最適化するように群管理を行っている。たとえば、長待ち削減を考慮した手法としては、待ち時間の自乗を用いて心理的な待ち時間を評価する手法[1]や、最大待ち時間の値を抑制する長待ち最小方式[2]などが提案されている。また上記の方式に加え、交通流やかごの状態を考慮して群管理を行う手法も提案されている。たとえば、乗客需要の傾向、現在のかごの状態ならびに将来のかごの動きに関する知見に基づいて作成されるファジールールを用い、将来の長待ちの原因となる団子運転の解消を行う予測制御手法[3]や、出勤時において、ロビー階へのサービス強化を適応的にを行い、ビル全体の待ち時間や長待ちを削減する手法[4]が提案されている。

これら従来の手法においては、既に発生している呼びや将来の呼びを考慮し、それら全体に対するサービスを最大化するように群管理を行っており、平均待ち時間の改善と、それに応じた長待ちの発生頻度の改善がなされ

* 原稿受付 2000年6月9日

[†] 三菱電機(株) 産業システム研究所 Industrial Electronics and Systems Laboratory, Mitsubishi Electric Co.; 8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki city, Hyogo 661-8661, JAPAN[‡] 三菱電機(株) 稲沢製作所 Inazawa Works, Mitsubishi Electric Co.; 1 Hishimachi, Inazawa city, Aichi 492-8682, JAPAN**Key Words:** elevator, supervisory control, group control, waiting time, long waits.

ている。しかし、平均待ち時間が短くなるに従い、個々の長待ちに対する乗客の不満が従来以上に高まっている。とくに、ピーク以外の時間帯においては、平均の待ち時間が短く、乗客は比較的短時間でかごが到着することを期待する。そのため、ピーク時以外で発生する長待ちへの不満は、その発生割合が低いとしても、より顕著に現れる。しかし、従来の手法においては、個々の長待ちの発生に対して何らかのサービス強化を行い、その発生を抑制する制御は行われていない。

本論文では、次の二つの手法を融合することにより、長待ちの発生を抑制する群管理方式について提案する。まず、長待ちの発生する状況を特異状態と考え、特別のルールにより長待ちに対するサービス強化を行う予測長待ち回避ルールを考える。つぎに、この特別のルールが有効に作用するように、最短時間で到着するかごを準備しておくという潜在的なサービスを考え、この潜在的なサービスの評価指標としてサービス分布評価指標を提案する。この指標を用いて、通常状態では潜在的なサービスを各階で均一化するように群管理を行い、特異状態においては予測長待ち回避ルールを用いるサービス分散制御方式を提案する。最後に、シミュレーション実験によりその有効性を示す。

2. 従来のエレベータ群管理

ここでは、従来のエレベータ群管理方式の概要について述べる。エレベータ群管理では、乗り場呼び(乗り場階でボタンを押し、かごを呼ぶ動作)とかご呼び(かご内で行き先を登録する動作)の要求に対して、複数のかごの運行制御を行う。新規の乗り場呼びが発生すると、群管理装置がビル全体のサービスを考慮して、最適なかごを新規の呼びに割り当てる。このような制御方式を呼び割当方式と呼ぶ。この方式において、割当を呼び発生と同時にを行うとともに、割当直後に乗客に対して割り当てられたかごの案内を行う方式を、即時予報方式と呼ぶ。これに対して、かご到着時にのみ案内を行う方式を非即時予報方式と呼ぶ。前者は後者と比較すると、乗客に対する心理的影響から好ましいとされており、本論文においても前者の方式を前提とする。

即時予報呼び割当方式は Fig. 1 に示すようなシステムで構成される。呼び発生情報 (information on call generation) は、ビル全体で発生している乗り場呼びに関する情報である。到着時間予測部 (car arriving time predicting module) は、かごが乗り場呼び発生階へ到着する時刻や満員通過確率、予報外れ確率 (割当かご以外のかごが、先に乗り場に到着する確率) などの予測を行う。従来型評価関数演算部 (conventional cost function calculating module) は、新規に発生した呼びならびに発生中の呼びに対する予測待ち時間などから、従来型割当評価関数の演算を行う。また、呼び割当制御部 (conventional call allocation module) は、評価関数

Fig. 1 Conventional supervisory control systems for call allocations

の値が最適となるように、新規に発生した乗り場呼びに応答するかごを決定し、それに基づいて、呼び割当指令 (call allocating instructions) をかごに指示する。この従来型割当評価関数、ならびに呼び割当部の割当かご決定アルゴリズムは一般化すると、割当かご car_a は次式を満たすように選択される。

$$E(car_a) = \min_{car}^N E(car) \quad (1)$$

ここで、 N はかご台数、 $E(car)$ は新規の乗り場呼びに car を割り当てた時の割当制御部の評価関数の値で次式で表される。

$$E(car) = F(x_1(car), x_2(car), \dots, x_M(car)) \quad (2)$$

ここで、 $x_k(car)$ ($k = 1, \dots, M$) はかご car を割り当てた時の k 種類目の評価値であり、各階における乗り場呼びに対する予測待ち時間に関する評価値、予報外れ確率に関する評価値、満員通過確率に関する評価値など M 種類の評価値がある。また、割当かごを決める際に、(1) 式の評価関数を最小化する手法に加えて、ファジィルールを用いる手法 [3] が提案されている。この手法においては、Fig. 1 のファジィルールモジュール (fuzzy rule module) において、ファジィルールベースを用いて、割当候補かごを選び、その候補かごに対して、(1) 式を適用し割当かごを決定する。この手法は、次式を満たすような割当かご car_a を選択するルールとして一般化できる。

$$E(car_a) = \min_{car_z}^K (E(car_z)) \quad (3)$$

$\{car_z : \text{selected by fuzzy rule}\}$

ここで、 car_z はファジィルールで選択された割当候補かごであり、 K は割当候補かごの数である。以下では、(3) 式で表されるファジィルールを用いた群管理手法を従来方式として議論を進める。

3. サービス分布評価指標を用いたエレベータ群管理

3.1 提案方式概要

ここでは、以下で示す二つの手法を融合することにより、長待ちの削減を可能とするエレベータ群管理システムについて提案を行う。

長待ちの発生を削減する手法としては、(2)式に長待ちに関する評価値を組み込む手法が考えられる。この場合には、他の評価値とのトレードオフとなるため、他の評価値が低下する可能性がある。

ここでは、長待ちの発生する状況の特異状態と考え、特別のルールにより長待ちに対するサービス強化を行う予測長待ち回避ルール (Long Waits reduction rule: LW reduction rule) を考える。以下の検討では、 t_{LW} 以上の待ち時間となる場合を長待ちと定義する。このルールにおいては、(3)式で選択された割当かごの新規呼び発生階への到着時間が t_{LW} 以上と予測された場合には、(3)式の結果とは関係なく、最短時間で呼び発生階へ到着可能なかごを割当かごとして決定する。このとき、最短時間で到着可能なかごが t_{LW} 以下で到着可能であれば、長待ちの発生を削減できる。そこで、予測長待ち回避ルールが有効に作用するように、最短時間で到着するかごを準備しておくという潜在的なサービスを考え、潜在的なサービスを各階で均一化するように通常状態の群管理を行う手法を提案する。そのため、潜在的なサービス量の階床分布の評価指標として、サービス分布評価指標を定義し、この指標の分散を最小化するように通常の群管理を行う割当アルゴリズムを提案する。以上、二つの手法を用いたサービス分散制御システムを構成する。以下、その詳細について述べる。

3.2 予測長待ち回避ルール

ここでは、予測長待ち回避ルールを定式化し、その特性について解析する。既に述べたように、即時予報呼び割当方式のエレベータ群管理システムでは、各かごが乗り場呼び発生階へ到着するまでの時間の予測を行うとともに、(2)式の割当評価関数により多目的問題を解いている。そのため、新規の乗り場呼びに対して、最短時間で到着するかごを割り当てているわけではない。そこで、2.で述べた手法で決定された割当かごを乗客に対して案内を行う前に、次のようなルールを適用して割当かごの見直しを行うことにより、長待ちの発生を抑制できる。

ステップ 1 従来手法により仮割当かご car_{min} を選択する。

$$E(car_{min}) = \min_{car_z}^K (E(car_z)) \quad (4)$$

{ car_z : selected by fuzzy rule}

ステップ 2 予測長待ち削減ルールにより割当かご car_a を決定する。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } (at(car_{min}, f_c, car_{min}) > TH) \text{ then} \\ \quad car_a \text{ は次式を満たすように決定} \\ \quad at(car_a, f_c, car_a) \\ \quad \quad = \min_b^N (at(car_b, f_c, car_b)) \\ \text{else} \\ \quad car_a = car_{min} \end{array} \right\} \quad (5)$$

ここで、 f_c は新規呼び発生階である。 $at(car', f, car)$ は car' を割当かごとして選択した時の任意の階床 f へ任意のかご car が到着するまでの予測経過時間であり、到着予測時間と呼ぶ。また、 TH は予測長待ち回避ルール適用の閾値 (いきち) 条件であり、長待ちを定義する待ち時間 t_{LW} によって決定される。このとき、(5)式のルールに従い、 car_a が新規呼びに対する割当かごとして選択される。

この予測長待ち回避ルールの特性は次のように推測される。このルールは長待ち発生の特異状態と仮定して設定しており、ピーク時のようにエレベータに対する負荷が高く、長待ちが頻繁に発生するような状況においては、効果が小さいと推測される。逆に、閑散時のように、エレベータに対する負荷が小さく、長待ちがあまり頻繁に発生しない状況においては、効果が大きいことが推測される。また、負荷がそれほど高くない状況においても、各階に対するエレベータのサービスに偏りがあり、到着予測時間の最小値が t_{LW} 以上になる階が存在していれば、その効果は小さくなることが推測される。

3.3 予測長待ち回避ルールの検証

ここでは、3.2で示した予測長待ち回避ルールに関する特性をシミュレーションにより実証する。シミュレーション条件を Table 1 に示す。Table 1 において、OD は主階床である 1F と上方階床群である 2F~16F との間の乗客の移動の比率を表している。たとえば、1行2列目の要素は 1F から出発し、2F~16F へ向かう乗客を表している。今回は、乗客発生率として 500, 1000, 1500, 2000 人/時間の4点を選び、さらにそれぞれの乗客発生率に対して、5種類の OD についてシミュレーションを行った。また、この条件の特性を示すために、Table 2 に従来手法における長待ち発生率 (全呼びに対して、長待ちの発生した割合) と待ち時間の平均値を乗客発生率ごとに示す。さらに、エレベータに対する負荷の評価指標として、すべてのかごの各階からの出発回数を考え、出発回数の乗客発生率ごとの平均値を Fig. 2 に示す。

ここでは、予測長待ち回避ルールを適用した場合の効果を従来方式に対する改善率を用いて評価し、その結果を Fig. 3 に示す。改善率は次式で与える。

$$r_{new} = \frac{V_{conv} - V_{new}}{V_{conv}} \quad (6)$$

ここで、 V_{new} は予測長待ち回避ルールを用いた時の平均待ち時間もしくは長待ち発生率の値、 V_{conv} は従来方式の値である。Figs. 2, 3 より、次のことがいえる。Table 1

Table 1 Simulation conditions under the virtual traffic flows

Elevator specification	16 floors, 6 cars, Velocity:180m/s, Capacity:22 persons
Control Parameter	$TH = 60[s]$
Simulating period	2 hours
Traffic flows	
Passengers rate	500, 1000 1500, 2000 population/hour
OD1	1F 2F~16F
Interfloor type	1F 0 30 2~16F 30 40
OD2	1F 2F~16F
Up-Down type	1F 0 40 2~16F 40 20
OD3	1F 2F~16F
Balanced type	1F 0 35 2~16F 35 30
OD4	1F 2F~16F
Down type	1F 0 10 2~16F 80 10
OD5	1F 2F~16F
Up type	1F 0 60 2~16F 10 30

Table 2 The average waiting time and rate of long waits with the conventional system under the virtual traffic flows

Passengers Rate [population/h]	Average waiting time[s]	Rate of long waits [%]
500	8.15	0.03
1000	16.85	2.04
1500	29.71	11.43
2000	44.68	27.38

Fig. 2 The number of departures from each floor

に示された条件においては、平均すると乗客発生率 2000 人/時間で示されている 2600 回/時間の出発回数が限界であり、逆に、乗客発生率が 1500 人/時間以下の領域においては、エレベータの負荷が高くないことがわかる。

Fig. 3 The improved rate of the average passengers' waiting time and the reduction rate of long waits on the LW reduction rule system

Fig. 4 The distribution of predicting car arrival time for all floors

Fig. 5 The distribution of long waits for all floors

また、(5) 式を用いることにより (3) 式の効果が減衰し、(3) 式で最適化している評価値が悪化することが考えられる。しかし、Fig. 3 の結果より、平均待ち時間に関して、(3) 式の効果の減衰は無視できる程度に小さいことがわかる。また、長待ちの回避の結果、平均待ち時間もわずかながら、改善していることがわかる。また、3.2 における推測通り、ピーク時以外でも、長待ち削減効果があまり顕著ではない。このことは、各階ごとの最小到着予測時間 (各階における各かごの到着予測時間の最小値) の分布状態によって裏付けられる。Fig. 4 は、Table 1 の乗客発生数が 1500 人/時間、OD が OD4 DOWN TYPE の場合に従来方式でシミュレーションを行った場合の、すべての呼び発生時の最小到着予測時間の平均値の分布と、(5) 式の条件部が真となる特異状態 (critical conditions) での最小到着予測時間の平均値の分布を示し、Fig. 5 は長待ち発生分布を示している。Figs. 4, 5 より、長待ちが発生している場合には、その階床付近の最小到着予測時間が大きく、長待ちがあまり発生していない階床付近で

は小さくなっており、全体として、最小到着予測時間の分散が通常時よりも、大きくなっていることがわかる。

3.4 サービス分布評価指標

ここでは、3.2で述べた予測長待ち回避ルールが有効に作用するように、最短時間で到着するかごを準備しておくという潜在的なサービスを考え、そのサービスの階床分布を評価し、その偏りを小さくする割当手法について提案する。

まず、エレベータのサービス量の各階ごとの分布を評価する指標をサービス分布評価指標 (Evaluating of Service Distribution: ESD) と呼ぶ。そして、(5) 式のルールを有効に機能させるという目標に従い、最小到着予測時間をサービス分布評価指標として用いる。このとき、新規乗り場呼びに car_c が割り当てられることを仮定した場合のサービス分布評価指標 $s(f, car_c)$ は次の式で与えられる。

$$s(f, car_c) = \min_{car_z}^K (at(car_c, f, car_z)) \quad (7)$$

この評価指標が持つ特徴は、次の3点にあると考えられる。

- エレベータが与え得る潜在的なサービスの階床分布を表す。
- 呼びの発生や呼び発生の予測にかかわらず、すべての階床に対する評価を行う。
- 潜在的なサービスは、平均的なサービス性を向上させるためではなく、長待ち発生予測時という、特異状態におけるサービス向上のために用意されている。

ここで定めたサービス分布評価指標は3番目の特徴を持つため、平均的なサービス性とのトレードオフの関係にあることに注意する必要がある。3.5ではその点を踏まえて、サービス分布評価指標を用いたエレベータ群管理システムの構成を行う。

3.5 サービス分散制御システムの構成

ここでは、(3) 式で表されるファジールールを用いた従来方式の群管理に(5) 式の予測長待ち救済ルールと(7) 式のサービス分布評価指標に関する評価関数を融合したサービス分散制御システムを構成する。Fig. 6にシステム構成を示す。

Fig. 6において、サービス分布評価指標演算部 (ESD Calculating Module) は(7) 式に基づいてサービス分布評価指標の演算を行う。サービス分布評価関数演算部 (Cost Function Based on ESD Calculating Module) では、サービス分布評価指標の分散を最小化するための割当評価関数の演算を行う。ここで、この評価関数をサービス分散制御割当評価関数と呼び、次式のように与える。

$$E_s(car_x) = \sum_{f=0}^L \{s(f, car_x) - \bar{s}(car_x)\}^2 \quad (8)$$

Fig. 6 The supervisory control systems based on ESD

$$\bar{s}(car_x) = \frac{\sum_{j=0}^L s(j, car_x)}{L} \quad (9)$$

ここで、 $E_s(car_x)$ は car_x を割当かごと仮定した場合のサービス分散制御割当評価関数、 L は方向別の乗車可能場所数であり、 P 階建てビルにおいて、すべての階にエレベータがサービス可能であれば、最上階の上方向と最下階の下方向の乗り場呼びを除いた、 $L = (2P - 2)$ の値を取る。また、 $\bar{s}(car_x)$ はサービス分布評価指標の平均値を表す。

また、サービス分散制御かご割当部 (call allocation module based on ESD) では、従来型割当評価関数 $E(car)$ とサービス分散制御割当評価関数 $E_s(car)$ から次式に基づいて、仮割当かご car_{min} を決定する。

$$E_T(car_{min}) = \min_{car_z}^K (E_T(car_z)) \quad (10)$$

{ car_z : selected by fuzzy rule}

$$E_T(car_z) = E(car_z) + G_s E_s(car_z) \quad (11)$$

ここで、 $E_T(car)$ はサービス分散制御における割当総合評価関数であり、 G_s はサービス分散制御割当評価関数 $E_s(car)$ についてのゲインである。 G_s の特性は次のように仮定できる。従来型割当評価関数 $E(car)$ はビル全体で発生中の呼びに対する平均待ち時間などを最小化するようにかごの運行を決定する。また、サービス分散制御割当評価関数 $E_s(car)$ は、各階にかごが到着可能な最小時間を均一化し、長待ち救済ルールが有効に機能するように、かご運行を決定する。そのため、 G_s の値が大きくなるに従い、長待ち発生率を小さくすることが可能となるが、その値が大きくなりすぎると平均待ち時間が悪化することが推測される。

また、予測長待ち回避ルール実行部 (LW reduction

rule module) では、(5) 式に基づいて割当かごの最終決定を行う。Fig. 6 における他の要素は Fig. 1 と同様に構成される。

4. シミュレーション結果

4.1 定常交通流発生下でのシミュレーション

ここでは、定常交通流 (OD ならびに乗客発生率が一定の仮想交通流) 発生状態におけるシミュレーションを通じて、本手法の特性について明らかにする。シミュレーションは Table 1 に示した条件で行う。ここでは、3.5 で示した G_s の特性に関する仮定について検証するために、平均待ち時間ならびに長待ち発生率の従来方式に対する改善率と G_s の関係をシミュレーションにより求めた。ここで、従来方式とは (3) 式で記述されるファジールールを用いた群管理方式を示す。また、改善率は (6) 式で求める。このとき、 $V(new)$ はサービス分散制御による平均待ち時間、もしくは長待ち発生率である。

Fig. 7 にシミュレーション結果を示す。ここでは、Table 1 の 5 種類の OD に対し、4 種類の乗客発生率で乗客を発生させた合計 20 種類の交通流それぞれについて、シミュレーションにより改善率を求め、それらの平均値を平均改善率として示している。

Fig. 7 The relationship between G_s and the improved rates

Fig. 7 より、予測長待ち回避ルールだけを用いた場合は、長待ち改善率が 10% 程度であったが、(8) 式のサービス分散制御割当評価関数を付加することにより、15~25% へと改善率が大きくなり、長待ち救済ルールの効果を増加させることが可能であることがわかる。また、先に仮定したように、 G_s の値の増加に従って長待ち発生率が改善しているが、平均待ち時間については $G_s = 0.1$ を越えた段階から、悪化している。また、さらに G_s の値を増加させ、 $G_s = 1.0$ を越えた領域では、平均待ち時間の悪化の影響により、長待ち発生率の改善率も低下し

ている。よって、本手法では G_s の値を適切に設定する必要があるが、平均待ち時間を悪化させないためには、 $G_s < 0.1$ で設定する必要がある。また、 $G_s < 0.01$ 以下ではサービス制御割当評価関数の効果が小さい。そこで、以下の実験においては平均待ち時間の悪化に対する安全マージンをとって、 $G_s = 0.02$ に固定して実験をすすめる。

続いて、エレベータの負荷に対するサービス分散制御の改善率特性を示す。Fig. 8 では、予測長待ち回避ルールだけを用いた方式と、サービス分散制御のそれぞれの方式によるシミュレーション結果を乗客発生率ごとに平均を求め、その推移を示している。

Fig. 8 The relationship between the passenger generating rates and the improved rates

Fig. 8 の結果は、サービス分散制御を用いることにより、いずれの乗客発生率においても、予測長待ち回避ルールの長待ちの改善効果が増加していることを示している。さらに、Fig. 2 と Fig. 8 より次のような考察が得られる。エレベータの負荷が小さく、個々の長待ちに対する乗客の不満が相対的に大きい領域においてサービス分散制御の効果が大きい。また、このシミュレーションにおいて、乗客発生率 500 人/時間の場合には長待ちを完全に削除し、乗客発生率 1000 人/時間の場合には長待ちをほぼ半分まで削減可能であった。

また、本方式でのサービス改善に伴うエレベータの走行コストについて考察する。本方式ではコスト低減に関しては考慮していないため、従来方式と制御方式が変わったことによって、走行コストが上昇する可能性も否めない。ここでは、シミュレーション結果からコストに関する検証を行った。従来方式と本方式で、総出発回数と総走行距離の比較を行ったところ、その違いは最大でも 1% 未満であった。よって、走行コストについては、ほとんど影響がないと考えられる。

4.2 実交通流に基づくシミュレーション結果

4.1 では、仮想的に発生させた定常交通流に対するシミュレーションにより、サービス分散制御の有効性について検証を行った。しかし、現実のビルで発生する交通

流はダイナミックに変化しており、一定のOD、一定の乗客発生率ではない。そこで、実際のビルで測定された乗客発生を再現するシミュレーション[5]により、サービス分散制御の長待ちの発生個数削減効果について検証を行う。シミュレーション条件を Tables 3, 4 に示す。

Table 3 Elevator specifications of the real building

Number of floors		11 floors
Number of cars		6 cars
Velocity of cars		150 [m/s]
Capacity of cars		24 persons
Control parameter	TH	60[s]
	G_s	0.02

Table 4 Simulated conditions under the real traffic flows

Traffic Flow	Morning day traffic 9:30-11:30	Lunch time down peak traffic 11:30-12:20	Afternoon day traffic 13:30-16:30
Passengers Rate [population/h]	Average : 628~685 Max.: 972~1368	Average : 1578~1706 Max.: 2076~2760	Average : 699~725 Max.: 984~1332
Average waiting time (Conventional)	6.30[s]	14.5[s]	6.7[s]

Table 4 に示すように、9:30~16:30 までのデータのうち、昼休みにビル外から戻る人が多く、アップピーク型サービスを行っている 12:20~13:30 を除いた時間帯について、4 日間分の測定データを用い、シミュレーションを行った。ここで、アップピーク型サービスは主階床階への回送や待機動作を行いサービスを強化するものであり、サービス分散制御とは逆の効果を狙っている。これら、二つのサービスを併用すると、その効果が相殺される。そのため、ここではアップピーク型サービス実施時間帯を評価対象から除外した。また、実システムにおいては、交通流パターンの検出結果[6]に基づいて、サービス分散制御とアップピーク型サービスを切り替えることが可能である。

従来型における 4 日間の長待ち発生個数とその削減個数について、Table 5 に示す。

このビルでは、Table 4 の平均乗客発生率と平均待ち時間から昼食時ダウンピーク時を除いて、エレベータの負荷が小さい状態にあると推測されるが、サービス分散制御を用いることにより、その長待ちをほとんど削減することが可能となっている。また、昼食時ダウンピークにおいては、平均待ち時間はそれほど長くないものの、最大乗客発生率に注目すると、その時間内でピークでの負荷が高く、そのピーク時におけるサービス分散制御の

Table 5 The number of long waits in the result of the simulations under the real traffic conditions for four days

Conditions	Conventional	ESD	Reduction rate[%]
Morning day traffic	6	1	83.3
Lunch time down peak	38	34	10.5
Afternoon day traffic	7	2	71.4
Total	51	37	27.5

効果が小さいため、昼食時ダウンピーク全体での削減効果も小さくなっていると考えられる。

5. おわりに

ここでは、長待ちの発生を抑制するために、次の二つの手法を融合した新しいエレベータ群管理手法として、サービス分散制御の提案を行った。まず、長待ちの発生する状況の特異状態と考え、予測長待ち回避ルールを用いて特別なサービスを行うことにより、長待ちの削減を可能とする。さらに、予測長待ち回避ルールが有効に作用するように、最短時間で到着するかごを準備しておくという、潜在的なサービスを考え、その潜在的なサービスが各階で均一になるように通常の群管理を行う。また、シミュレーション実験を行いその効果について検証を行った。その結果、定常的な交通流を与えたシミュレーションにより、平均待ち時間が短く、個々の長待ちに対する乗客の不満が大きい領域において、その効果が特に大きいことが明らかになった。また、混雑した状況においてもある程度長待ちを削減することが可能であった。最後に、実交通流の測定結果を用いたシミュレーションを行い、様々な状況が発生する日中における長待ちの削減効果が、20%程度見込めることも明らかになった。

参考文献

- [1] 佐藤，蒲原，高橋，一岡，石井：高級乗用エレベータのソリッドステート制御システム；三菱電機技報，Vol. 53, No. 3, pp. 187-191 (1979)
- [2] 平沢，葛貫，岩坂，金子，河竹：エレベータ群管理における呼び割付け方式；電気学会論文誌 C, Vol. 99, No. 2, pp. 27-32 (1979)
- [3] 匹田，駒谷：ファジィ・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，Vol. 25, No. 1, pp. 99-104 (1989)
- [4] 匹田，駒谷：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，Vol. 31, No. 11, pp. 1896-1904 (1995)
- [5] 匹田，駒谷：実測データに基づくエレベータ群管理シミュレーション環境；第 34 回計測自動制御学会学術講

演会予稿集, pp. 991-992 (1995)

- [6] 岩田, 匹田, 駒谷: ニューラルネットワークによるエレベータ交通流の検出; 計測自動制御学会論文集, Vol. 33, No. 3, pp. 209-215 (1997)
  - [7] 岩田, 匹田: 階床毎のサービス分布評価指標を用いたエレベータ群管理システムの検討; 平成9年電気学会全国大会講演論文集, Vol. 4, No. 1048, pp. 440-441 (1997)
-