

将来交通需要も考慮したエレベーター群管理システムでの次世代割当制御方式

Next-Generation Elevator Group Control Algorithm Based on Prediction of Future Traffic Demand

山田 尚史 浅野 宜正 中村 久仁子
 ■ YAMADA Hisashi ■ ASANO Norimasa ■ NAKAMURA Kuniko

エレベーター群管理システムの割当制御では、利用する乗客の待ち時間などのサービス性能面とビル管理者の消費電力量といった運用効率面の視点で、乗り場で発生するホール呼びに対し、複数台のエレベーターかごの中から最適なかごの配車(割当)が決定される。そのため現時点だけでなく将来にわたり、かご割当がサービスへ与える影響を考慮する必要がある。

東芝エレベータ(株)は、想定できる将来までの運行スケジュールを効率的に計算し、予測される運行サービスを評価して割当かごを決定する次世代割当制御方式を開発した。この方式により、エレベーターの平均待ち時間と最大待ち時間の短縮を実現し、群管理システムの運行効率を上げることができた。

The primary function of an elevator group control system is to manage multiple cages systematically and efficiently by allocating appropriate cages in response to hall calls to ensure the best possible service performance, in terms of both passenger conveyance throughout the entire building and the waiting time of individual passengers. The efficient allocation of cages aimed at realizing a total optimization system must therefore take into account the impacts on current and future services when scheduling each cage.

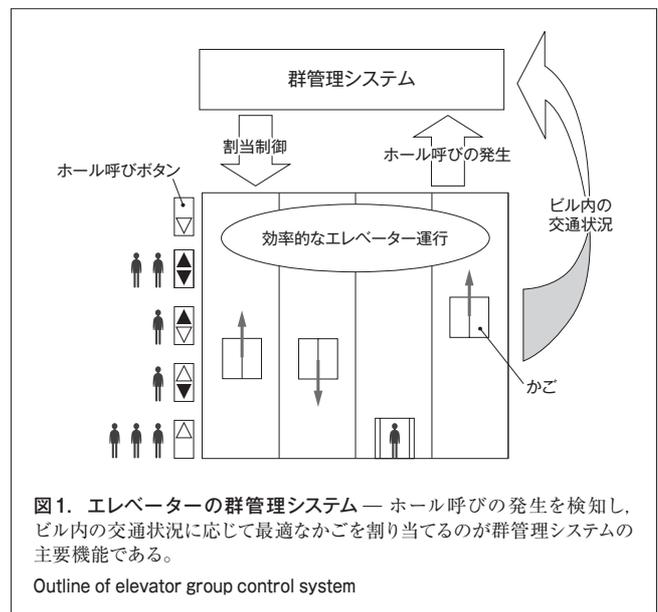
With this as a background, Toshiba Elevator and Building Systems Corporation has developed a new elevator group control algorithm that offers highly efficient service performance based on simulation of the predicted transport schedule of each cage. We have confirmed the effectiveness and efficiency of this method by means of simulations.

1 まえがき

ビル内などの交通、主に異なる階に移動するための機器として、エレベーターが設置されている。一般的なエレベーターの利用方法は、次のとおりである。乗り場階(出発階)に設置されているホール呼びボタンを押してエレベーターかご(以下、かごと略記)の配車を要求する。かご到着後に乗車してからエレベーター内に設置されているかご呼びボタンのうち、降り場階(目的階)を指定するボタンを押して、出発階から目的階に移動する。

ここで、ビル内に設置されているかごが1台の場合、ホール呼びに対して配車するかごは1台しかない。しかし大規模なビルでは、エレベーターの利用客の多さと昇降行程の長さから運行の効率化のために、通常、かごを複数台稼働させている。そのため、ホール呼び発生階に配車運行させるかごの選択肢は稼働台数分となる。エレベーターはビル内の交通手段であるから、乗客の待ち時間や乗車時間などは重要なサービス指標となる。したがって、どのかごを配車すれば効率が良いか、という決定をビル内の交通状況を総合的に判断して行うことがサービスの向上につながる。このビル内の交通状況に応じて、サービス指標を向上させるようにエレベーターを運行させるシステムを“群管理システム”と言う(図1)。

従来からこの群管理システムにはAI、ファジィ、ニューラル



ネットワーク、及びGA (Genetic Algorithm: 遺伝的アルゴリズム)などの技術が適用され、様々な方式⁽¹⁾が提案されている。東芝エレベータ(株)は、AI技術を応用したCommand-AIとファジィニューラルネットを応用したEJ-1000シリーズを商品化している。

近年、中国を中心としたアジア・中東地域での超高層ビル

の建設が増加しており、今後もその勢いは持続すると思われる。このようにビルの大規模化が進んだ場合、より効率的なエレベーター運行を行う群管理システムの重要性は更に増してくる。

当社は、このようなビル高層化に即そつ応えるため、エレベーター群管理システムのサービス性能を向上させる次世代の割当制御方式を開発した。

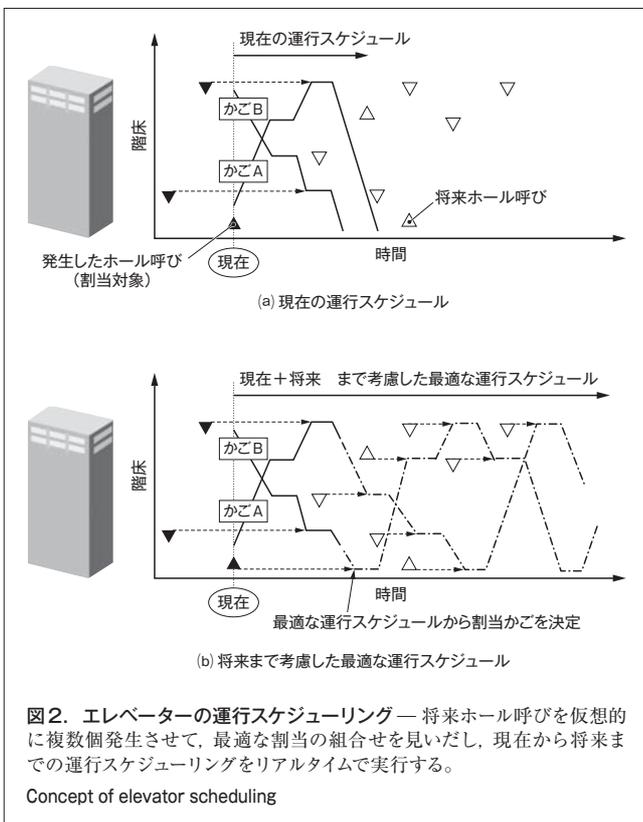
ここでは、この制御方式の特長と性能評価などについて述べる。

2 次世代の割当制御方式

群管理システムが効率的な運行サービスを提供するためには、現時点だけでなく将来の運行サービスに与える影響も考慮しながら、発生したホール呼びに対する割当制御を行う必要がある。従来の群管理システムでは、現時点のサービスに与える影響はほぼ正確に扱うことができるが、将来のサービスに与える影響までは扱えていない。そのため、長待ち乗客の発生や複数のかごが固まって運行してしまう、いわゆる団子運転が発生する可能性があった。

この課題に対して、次世代割当制御は将来の運行サービスへの影響までを見通してエレベーターかごの割当を決定する。

この方式による運行スケジューリングの概要を図2に示す。将来のホール呼びを仮想的に複数個発生させて、各将来ホー



ル呼びを“どのかごに割り当てるか”，という組合せの中から、最適なものを見いだす。そして、現在から将来までにわたるエレベーター運行スケジューリングをリアルタイムに作成し、発生したホール呼びの割当かごを決定する。

2.1 将来ホール呼び

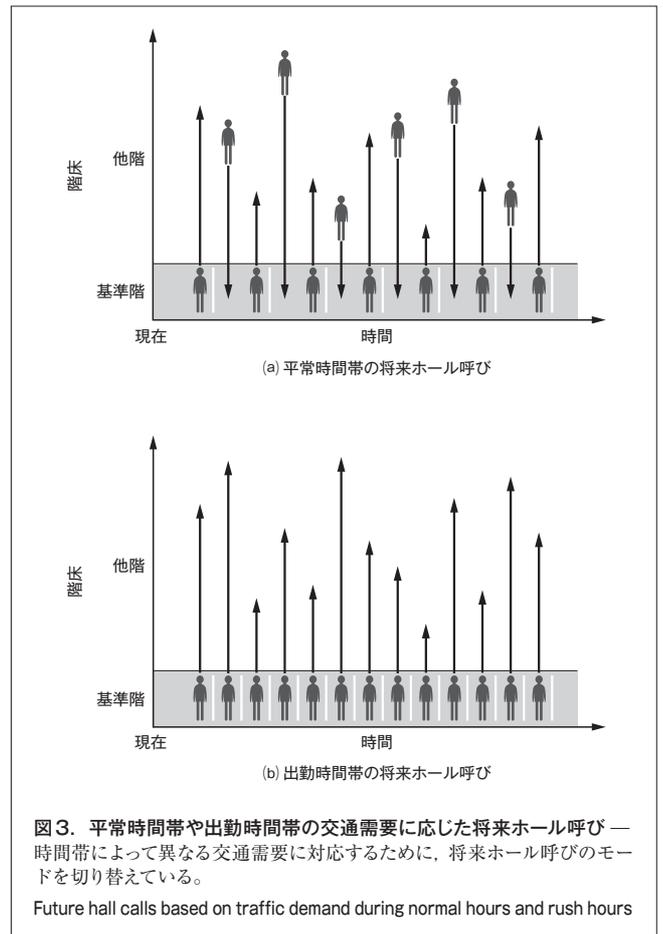
将来ホール呼びは、統計的なOD (Origin and Destination) 表を元に需要発生頻度の高いOD間について複数個発生させる。このとき、将来ホール呼びはそれから派生するかご呼びとの組にして発生させる。ここで、派生するかご呼びとは、ホール呼びを発生させた乗客が行うであろうと思われる目的階へのかご呼びを指す。

将来ホール呼びは、次のように交通需要に応じて切替え、将来の状態を考慮した割当制御を実行する(図3)。

- (1) 平常時間帯 ロビー階などビル交通の中心となる出発基準階から各階への需要と、各階から出発基準階への需要がほぼ均等に発生する交通需要
- (2) 出勤時間帯 出発基準階からの出発が非常に集中する交通需要

2.2 最適な運行スケジュールの探索

発生したホール呼びと複数個の将来ホール呼びに対する最適な運行スケジュールを求めるには、それぞれのホール呼びを各



かごに割り当てた場合の組合せをすべて列挙して評価することが考えられる。

しかし、群管理システムでは乗客の配車要求に対して、割り当てたかごを乗客に予告するサービス予約灯が付加されることがある。割当かごを決定するための計算時間が長いとサービス予約灯による予告も遅れるため、適切な時間内で到着かごの予告を行う計算時間に制約がある。また、群管理システムは組込みシステムであり、高価な計算資源を利用するとコスト増につながるため、メモリ使用量などの計算資源の制約がある。したがって、すべてを列挙して最適な運行スケジュールを求めることは現実的でなく、これらの制約下で効率的な演

算により、準最適な運行スケジュールを求める必要がある。当社は、探索過程で評価の良い探索ノードから優先的に調べる優良探索手法を応用して、この課題を解決している⁽²⁾。

現在時刻 T において割当対象のホール呼び (P_0) が発生すると、時刻 T の直前に決定していた各かごの運行スケジュールから初期運行スケジュール (C_0) を作成し、これを探索演算の初期値とする。

探索演算は、この C_0 を探索の基点にして、 P_0 と将来ホール呼び P_i ($i = 1, 2, \dots, n$) を各かごに割り当てた場合の運行スケジュールを作成する。この運行スケジュールの中でもっとも良い評価値を持つ運行スケジュールに対して、更に将来ホール呼びを割り当てた場合の運行スケジュールを作成し、この動作を反復する。この動作を繰り返して作成した運行スケジュールの中でもっとも良い結果を基に、発生した P_0 に対する割当かごを決定する (図4)。

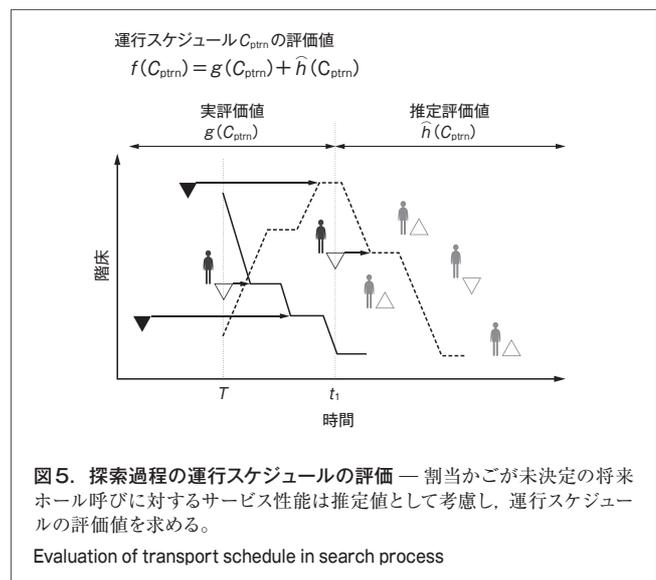
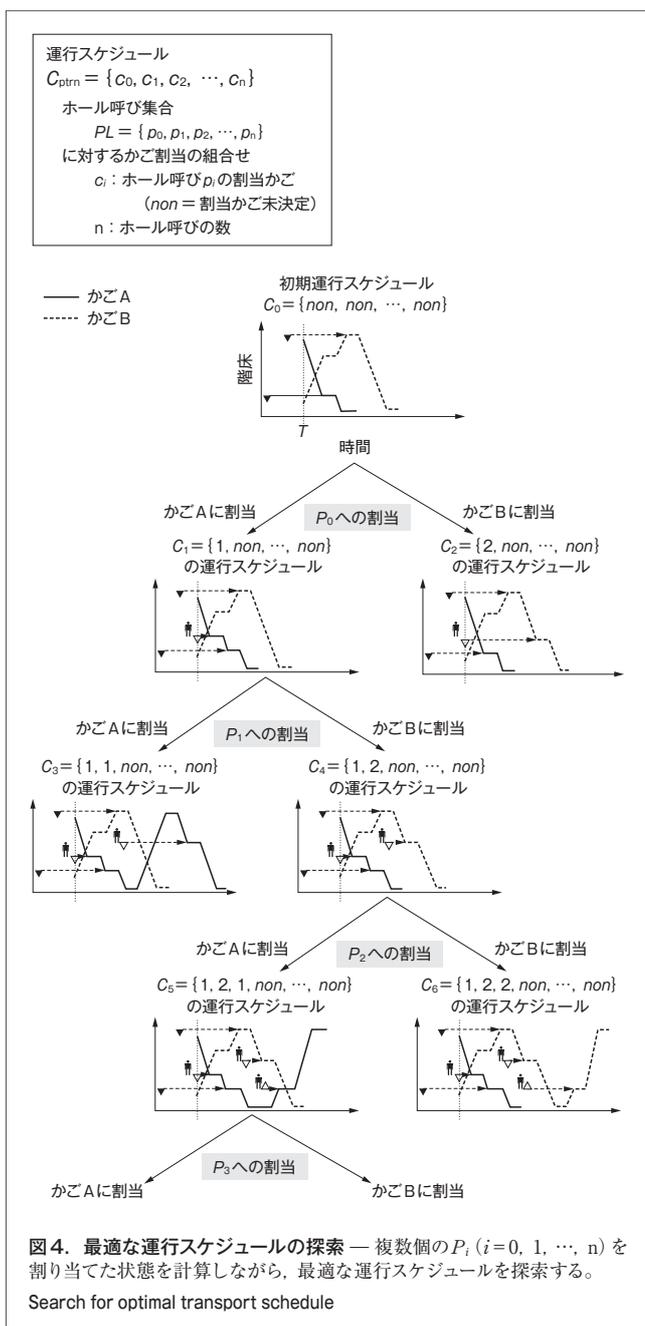
つまり、複数個の P_i の割当組合せをすべて列挙するのではなく、最適運行スケジュールの探索過程で作成済みのエレベーター運行スケジュールの中で最優良解を優先的に展開していくことを繰り返す。また、探索過程で、明らかに効率的ではない運行スケジュールは、最適候補から除外し、最適となりそうな候補だけを記憶しておく。これにより、次のことを実現している。

- (1) 探索空間を限定した探索演算による効率化
- (2) 探索演算打ち切りによる割当解の質低下を抑制
- (3) 探索過程のメモリ使用量の抑制

2.3 運行スケジュールの評価

最適な運行スケジュールの探索過程では、 P_i には割当かごが決定済みのものと未決定のものが存在する。

このとき、割当かごが決定済みの将来ホール呼びに対するサービス性能は、求めた運行スケジュールから評価することが



できるが、割当かごが未決定の将来ホール呼びに対するサービス性能は運行スケジュールから直接評価することができない。しかし、求めた運行スケジュールは未決定の将来ホール呼びのサービス性能も含めて、その良さを評価する必要がある。

したがって、割当かごが未決定の将来ホール呼びに対するサービス性能は、割当かごを仮定した場合に、サービス性能がどのくらいになるかを推定した値として考慮する(図5)。

3 次世代割当制御方式によるサービス性能向上

次世代割当制御方式によるサービス性能の向上を評価するために実施したシミュレーション実験から、高需要ビルでは、当社従来の割当制御方式と比べ、次のサービス性能の向上が見込まれることを確認した(図6)。

- (1) 平均待ち時間 10% ~ 15% 短縮
- (2) 最大待ち時間 最大40% 短縮

また、今後も増加が見込まれる40階床以上の高層ビルについても、同様の効果が見込まれることを確認している。

そのほかの効果として、割当変更回数を大きく削減できることが挙げられる。割当変更は、長待ち発生階に早くかごを配車するなどのために、既に割り当てているかごをほかのかごに変更することである。サービス予約灯などで到着するかごを

乗客に予告している場合、到着かごが変更されたことをサービス予約灯の点灯場所の変更で知らせることになるが、乗客は再割当されたかごの前まで移動して並び直す必要があった。したがって、割当変更回数を削減できることは、サービス低下を防ぐために非常に効果的である。

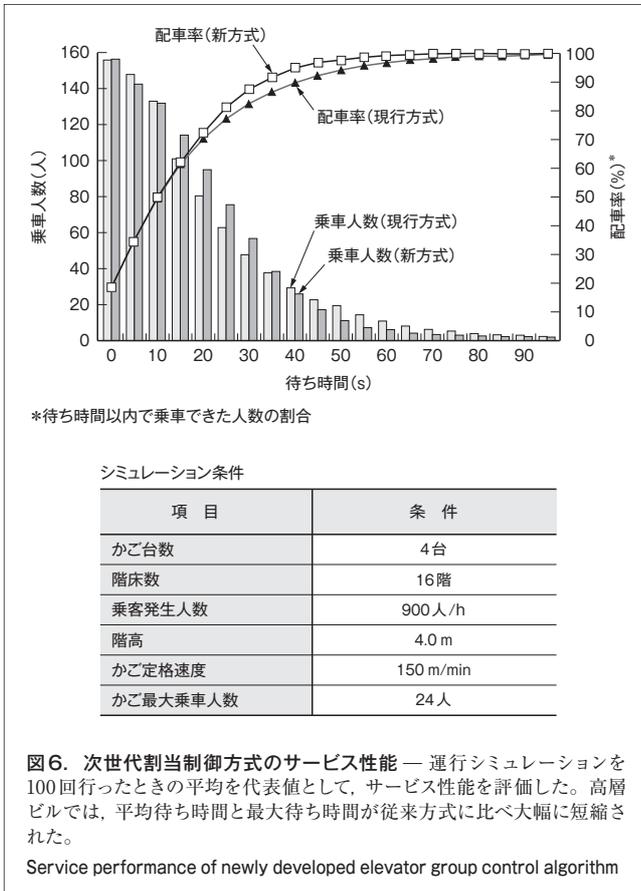
4 あとがき

ビルの高層化が進むなかで、当社は、更に重要性が増すエレベーター群管理システムのサービス性能を向上させる次世代の割当制御方式を開発した。想定できる将来までの運行スケジュールを効率的に計算し、その予測サービス評価から割当かごを決定することで、群管理システムの運行効率を上げることができた。

今後は、この制御方式を、エレベーター乗り場で行先階を指定する乗り場行先階方式などにも適用し、エレベーターのいっそう効率的な運行を目指したい。

文 献

- (1) 木治潤一. エレベーター運行のスケジューリング. オペレーションズ・リサーチ. 46, 9, 2001, p.475 - 480.
- (2) 山田尚史, ほか. Aアルゴリズムを用いた群管理制御の提案と性能評価. 電子情報通信学会技術研究報告. 107, 471, 2008, p.43 - 48.



山田 尚史 YAMADA Hisashi
東芝エレベータ(株) 開発部 電気開発担当主任。
群管理システムの開発に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



浅野 宜正 ASANO Norimasa
東芝エレベータ(株) 開発部 電気開発担当主任。
群管理システムの開発に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



中村 久仁子 NAKAMURA Kuniko
東芝エレベータ(株) 開発部 参事。
群管理システム及びエレベーター監視情報システムの開発に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.