3409 大規模ビル内におけるマルチカーエレベータの有効性と その制御方法

Effectiveness and control strategies of multi-car elevators for high-rise buildings

○非 須藤 豪 (フジテック株式会社)

非 鈴木裕通 (フジテック株式会社)

非 マルコン シャンドル (フジテック株式会社)

非 喜多 一 (大学評価・学位授与機構)

○ Takeshi Sudo, Fujitec Co., Ltd.

Hiromichi Suzuki, Fujitec Co., Ltd.

Sandor Markon, Fujitec Co., Ltd.

Hajime Kita, National Institution for Academic Degrees

Abstract: Ropeless linear motor elevators with several cars in each hoistway have been proposed as a way to increase the handling capacity. By allowing both vertical and horizontal movements, cars could circulate or bypass each other, and thus flexible transportation is achieved. If horizontal movement is not needed, the multi-car system becomes more simple and feasible. However, in such a system there are many constraints on the car movements, so the performance gain is not evident. In order to investigate effectiveness of and control strategies for such multi-car elevators, we have developed a simulator system to analyze multi-car linear motor elevators. This paper reports the results of the simulation study, which show that such systems would have clear advantages.

Key Words: Multi-car elevators, linear motors, simulation, genetic algorithm

1 はじめに

近年、大規模な複合ビル施設や超高層ビルが増え、また従来をはるかに越える規模の建物も検討されている。このようなビルは多くのエレベータが必要となり、その設置面積の増大が問題視されている [1]。この解決策としてロープレスリニアモーターエレベータが提案されている [2]。その特徴は、1つの昇降路内を複数のかごが走行できることである。このシステムをワンシャフトマルチカーエレベータと呼び、以後 MCE(Multi-car elevators) と記す。本稿では筆者らの提案する MCE モデルとその効果を述べ、制御方法の検討に必要なシミュレーションと、それをベースにした最適化について述べる。

2 MCE 提案モデル

MCE の運転形態として、文献 [2] 等では、ロープレス化により可能になる水平方向移動を利用し、非常に効率の良いシステムが提案されている。しかし、このような構成は装置が複雑になり導入面では不利となる。そこで筆者らは、水平方向移動を行わない Fig.1 に示すモデルを提案している [3][4]。提案モデルは以下の特徴を持つ。

ガレージ階 メインフロアより下にガレージ階を設け、全てのかごのメインフロアでのサービスを可能とする。

衝突回避 MCE では、シャフト内のかご同士が衝突する危険性がある。安全性を重視し、同一シャフト内のかご同士が互いに向かい合う方向への走行はかご間の間隔によらず禁止した。

ゾーン運転 通常のエレベータでも高層ビルではゾーン運転が適用される。ゾーン運転では各エレベータの停止回数が減り、輸送効率が良くなる。提案方式では同一シャフト内でゾーン運転を行う。これにより従来エレベータと同様の効果が得られるとともに、シャフト内のかご同士の衝突回避制御が容易になる。

乗り場行き先階登録方式 乗り場ボタンで上下方向だけでなく、行き先階を登録させる方式を採用する。これは同一シャフトでもかごによってサービスゾーンが異なるので、あらかじめ行き先階を指定する必要があることによる。

Fig.1: Proposed multi-car system

3 MCE シミュレーション

MCE の制御方法を詳細に検討するために、新たに開発した汎用離散事象シミュレータ構築ツールから、提案する MCE モデルのシミュレータを構成した [5]。シミュレーションでは乗客の待ち時間やサービス時間を評価することができる。またより詳細な挙動の解析にはエレベータの運行線図の表示 (Fig.2) や、アニメーション表示 (Fig.3) を用いる。

Fig.2: Travel Diagram of MCE Simulation

Fig.3: MCE Simulation Display

4 MCE の性能検証

MCE の性能検討として、30 階床のビル、出勤時間帯の交通で MCE シミュレーションを、昇降路内のかご台数を変化させながら実行した。制御方策はヒューリスティクスである。従来型エレベータ (分割急行運転) と昇降路内かご台数が 2, 3, 4 台の MCE について、乗客の発生率と平均待ち時間との関係を Fig.4 に示す。また Table 1 には平均待ち時間を 30 秒とした時の輸送能力を示す。シャフト内かご台数が 2 台では従来型と差はないものの、3 台以上になると輸送能力の上昇が確認できる。それに伴い昇降路面積も従来型の 60 % 以下に削減できることがわかる。

Fig.4: Results of MCE Simulation for a 30-floor building

Table 1: Performance for 30-floor building

Number of cars per shaft	Persons/hour	Space usage
1 (conventional)	3600	1.00
2	3700	0.89
3	5400	0.63
4	6600	0.53

5 GA による制御則の最適化

出勤時間帯の交通は比較的簡単なヒューリスティクスの下で運転可能である。それ以外の偏りを持った交通では、より柔軟

な制御アルゴリズムが必要となる。そこで、有効性の期待できる属性値とそれらへの荷重パラメータからなる制御則を構成し、そのパラメータを交通パターンに応じ、遺伝的アルゴリズムで最適化した。世代交代モデルには佐藤らによる MGG[6]、交叉には小野らによる UNDX[7] を用い、評価関数値は乱数の種を変えた 5 回のシミュレーション結果の平均値である。Fig.5 に平常時モデル化した交通における、最適化前の制御及び最適化後の制御則で実行したシミュレーション結果を示す。高負荷での平均待ち時間が改善され、輸送能力が向上していることがわかる。

Fig.5: Performance of the optimized controller

6 おわりに

本稿では、MCE システムの提案、その有効性を評価するためのシミュレータの構成、シミュレーションを通じた制御ルール最適化を行った。今後は、現在の固定ゾーン運転を廃し、ゾーン境界自体も最適化対象にする等、より柔軟かつ頑強な制御則の構築を目指す。

参考文献

- [1] 湯村, 岩田, 桑田, 荒木: ロープ式ダブルカーエレベーターの基礎技術開発制御の研究, 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩技術講演会講演論文集, pp.21-24, 2002
- [2] 宮武, 古関, 曾根: ロープレスエレベータシステムの提案とその有効性評価, 電学論 D, 119 巻 11 号, pp.1353-1360, 1999
- [3] T. Sudo, S. Markon: The Performance of Multi-Car Linear Motor Elevators, Elevator Technology 11 Proceedings of ELEVCON 2001, pp.141-149, 2001
- [4] 喜多, マルコン, 須藤, 鈴木: ワンシャフトマルチカーエレベータの運行制御の研究, 第 14 回自律分散システム・シンポジウム資料, pp.63-66, 2002
- [5] 須藤, マルコン, 喜多, 鈴木: エージェント指向の離散事象シミュレーション, 第 25 回システム工学部会研究会, pp.97-102, 2002
- [6] 佐藤, 小野, 小林: 遺伝的アルゴリズムに置ける世代交代モデルの提案と評価, 人口知能学会誌, Vol.12, No.5, pp.734-744, 1997
- [7] I. Ono, S. Kobayashi: A Real-coded Genetic Algorithm for Function Optimization Using Unimodal Normal Distribution Crossover, Proc.7th ICGA, pp.246-253, 1997