

# 強化学習とマルチエージェントによるエレベータ群 管理システムに関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/16380">http://hdl.handle.net/2297/16380</a>

氏名	小越康宏
生年月日	
本籍	新潟県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第421号
学位授与の日付	平成13年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	強化学習とマルチエージェントによるエレベータ群管理システムに関する研究
論文審査委員(主査)	木村 春彦(工学部・教授)
論文審査委員(副査)	船田 哲男(工学部・教授) 西川 清(工学部・教授) 村本健一郎(工学部・教授) 中山 謙二(自然科学研究科・教授)

## 学位論文要旨

### Abstract

A Multi-agent system consists of a group of agents and each agent acts autonomously. If each agent disregards its surrounding situation and acts selfishly, achieving a goal for the entire group is difficult. Thus, in order to achieve the goal for the entire group, all members have to communicate with others to exchange information about the status of other members.

In this paper, we propose a new method to control elevator group using multi-agent reinforcement learning with explicit communication of internal states (place, direction, mode of operation, and plan) among elevators and show that it reduces the waiting time on the floors other than the main floor during the morning rush hour which assumed to be the most difficult for the elevator control. In the conventional method using rule-based system determines the number of cages which are sent to the main floor during the morning rush hour.

However, when the situation changes dynamically, it is too difficult for a system designer to suppose all kinds of situations and put rules to cope with them previously. To solve this difficulty, we introduce multi-agent reinforcement learning into the elevator control system, and it makes the system learn appropriate actions for their situations.

### 1. 序論

エレベータはビル内の主要交通機関であり、エレベータは利用目的に応じて人荷用、荷物用など様々なタイプのものが実用化されてきた。エレベータの設計は、通常、ビルの設計段階に行われ、ビルの階数や想定される利用者数などの条件を満たすように、エレベータの台数、定員、定格速度などが決定される。近年、ビルの高層化にともない、エレベータの速度や乗り心地等といった性能が改良されてきた。また、乗客の混雑を解消するとともに、乗客の待ち時間を短縮するなどといった輸送効率の改善が重要視され、様々なエレベータの運転方式が考案されてきた。オフィスビルなどのように複数台のエレベータが設置されている環境においては、発生する乗客に対するエレベータの割り当て方が輸送効率に大きな影響を与える。この複数台からなるエレベータの割り当てに関する制御は群管理制御と呼ばれている。エレベータの動きは一般の交通機関のふるまいとは異なり、相互の位置関係が短時間に急激に変動するため、最適な制御は非常に難しく、従来より最適化に関する研究対象とされてきた。特に、朝の出勤時などのような混雑が想定される

群管理制御は最も困難とされており、活発に研究されてきた。本研究は、この群管理制御の中で最も困難とされている出勤時の制御について、最も高い成果を示していた従来手法を上回る提案手法を示す。

## 2. 従来のエレベータ群管理手法

エレベータはビル内の縦の主要交通機関であり、エレベータを効率良く配車することは重要である。しかしエレベータの動きは一般の交通機関の振舞いとは異なり、相互の位置関係が短時間に急激に変動するため、最適な制御は非常に難しい。その制御に大きく作用するのが、ホール呼びに対するかご割当て（エレベータの割り当て）であるが、この割り当ての方法には、一般的に以下の二つの方式がある。

- (1) 即時呼び割当て方式
- (2) 非即時呼び割当て方式

即時呼び割当て方式とは、新規にホール呼びが発生するたびに、ホール呼び単位でかご割当ての選択を行うものである。この方式を採用した代表的な研究として、発生したホール呼びに対して、各かごを割当てたときのサービスを所定の評価関数を用いて数値化し、かご割当てを決定する平均待ち時間最小方式、ビル内交通流の周期的な変動をとらえ、所定の評価関数のパラメータを改善していく方式、ビル内交通流の周期的な変動をとらえ、所定の評価関数のパラメータを改善していく方式、専門家のもつ知識をファジィ・ルールベースとして格納することにより、かご割当てを実現し、多様なビル内交通の対応を改善した方式が提案された。

一方、非即時呼び割当て方式とは、一定時間に発生した複数個のホール呼びのサービスエレベータを同時に決定する方式であり、各かごを割当てたときの相互関係を考慮して総合的に判断するため、即時呼び割当て方式に比べて待ち時間短縮の点で優位である。この方式を採用した代表的な研究としては、かご割当てに評価関数を用いたものとして、ビル内の代表的な交通流ベクトルと呼ばれるものを学習し、各時点において最適な制御パラメータの検索を行い“エリア制御”に従ってかご割当てを行う方式、出勤時運転における配車台数を、ファジィ・ルールベースにより決定する方式が提案された。

## 3. 強化学習を用いたエレベータ群管理システム（提案手法1）

提案手法である強化学習を用いたエレベータ群管理システムについて述べる。従来手法との比較実験により出勤時運転において環境が変化しない場合においては、提案方式は従来方式に比べ、混雑度が高いときは主階床へのサービスを上回ることができなかったが、比較的劣化を抑えたまま、出勤時運転で最も困難とされる主階床以外のサービスを大幅に改善すること、混雑度がそれほど多くないときには、主階床においても改善されることを示す。また、環境が変化する場合には主階床においても改善されることを示す。

## 4. マルチエージェントシステムを用いたエレベータ群管理システム（提案手法2）

マルチエージェントシステムとは、個々のエージェントが全体の拘束を離れて、自律的に行動するシステムであり、集団全体として目標を達成することをゴールとする。提案方式においては、個々のエレベータに以下のようなエージェントとしての機能を持たせ、エレベータ群全体をマルチエージェントシステムとして機能させ、群全体としてのサービス向上を目指すとともに、環境の変化に柔軟に対応可能な群管理システムを提案する。環境が変化しない場合において、提案方式は従来方式に比べ、提案方式において主階床へのサービスを損なうことなく、出勤時運転で最も困難とされる主階床以外のサービスを大幅に改善し、全体的なサービスも上回ることを示す。また、環境が変化する場合においても、提案方式は変化に柔軟に対応し、環境が変化しない場合と同様に、良好な結果を得ることができることを示す。

## 5. 提案手法1と提案手法2の比較

(従来手法である匹田手法による結果も比較のために示す。)

(1) 環境が変化しない場合の比較1200人/時における実験結果を図1に、2400人/時における実験結果を図2に示す。主階床、主階床以外、全階床においてマルチエージェントを用いたエレベータ群管理システムが強化学習を用いたエレベータ群管理システムのサービスを上回っている。

(2) 環境が変化する場合の比較1200人/時における環境が変化した場合での実験結果を図3に示す。主階床、主階床以外、全階床においてマルチエージェントを用いたエレベータ群管理システムが強化学習を用いたエレベータ群管理システムのサービスを上回っている。また両手法とも従来手法のサービスを上回っている。

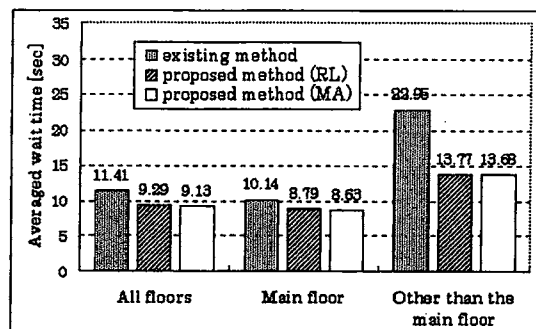


図1: 従来方式と提案方式の比較 (1200人/時)。

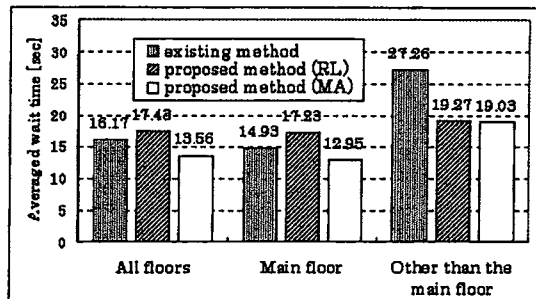


図2: 従来方式と提案方式の比較 (2400人/時)。

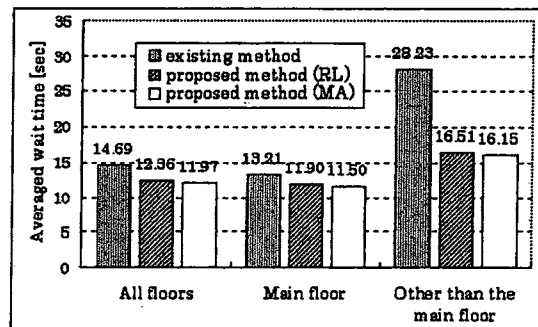


図3: 従来方式と提案方式の比較 (環境変化あり1200人/時)。

実験結果より提案手法2：マルチエージェントを用いたエレベータ群管理システムが提案手法1：強化学習を用いたエレベータ群管理システムのサービスをすべての実験において上回っていることが分かった。これは、提案手法1においては集中管理型の制御によるので、すべてのエレベータで学習ルールを共通に用い行動していたため各エレベータごとにきめ細かな対応ができなかったが、提案手法2においてはマルチエージェント型の制御によるので、各エレベータごとに個別に学習ルールを用い自律的な行動が可能となったため、マルチエージェントの特徴である分業を生じさせ、全体として最適なサービスをもたらしたと考えられる。

## 6. 結論

提案手法である強化学習を用いたエレベータ群管理システムにおいては、出勤時運転において環境が変化しない場合においては、提案方式は従来方式に比べ、混雑度が高いときは主階床へのサービスを上回ることができなかったが、比較的劣化を抑えたまま、出勤時運転で最も困難とされる主階床以外のサービスを大幅に改善することができた。混雑度がそれほど多くないときには、主階床においても改善されることが分かった。また、環境が変化する場合には主階床においても改善されることが分かった。

更にマルチエージェントシステムを用いた群管理システムにおいては、環境が変化しない場合において、提案方式は従来方式に比べ、主階床へのサービスを損なうことなく、出勤時運転で最も困難とされる主階床以外のサービスを大幅に改善し、全体的なサービスも上回ることができた。また、環境が変化する場合においても、提案方式は変化に柔軟に対応し、環境が変化しない場合と同様に、良好な結果を得ることができた。今回、出勤時運転について提案方式の有効性を検証したが、柔軟な学習方式を採用しているため、昼食時や退勤時等の異なる交通パターンに対しても、柔軟に対応できることが期待できる。

## 学位論文審査結果の要旨

平成13年1月25日に第1回学位論文審査委員会を開催、1月31日に口頭発表、その後第2回審査委員会を開催し、慎重審議の結果以下の通り判定した。なお、口頭発表における質疑を最終試験に代えるものとした。

エレベータはビル内の主要交通機関であり、出勤時のような混雑度の高い場合において、エレベータを効率よく配車することは重要である。これまで、出勤時のような場面においては、主階床での輸送能力を高めるために、混雑度の高い主階床に対して優先的に複数台のエレベータを配車する出勤時運転と呼ばれる特殊な運転制御が行われている。しかし、主階床への強制配車は、主階床以外のサービスを悪化させ、全体の輸送効率の向上を困難にした。

本論文では、(1)環境の変化に対しても、柔軟に対応できる『強化学習を用いたエレベータ群管理システム』を提案した。この結果、主階床の待ち時間をほとんど維持したままで、主階床以外の待ち時間を大幅に改善した。また、(2)強化学習を用いた提案手法に分散処理型であるマルチエージェントシステムを導入し、(1)よりも効率がよいエレベータ群管理システムを提案した。

以上の研究成果は、高い効率が求められるエレベータ制御に大きく貢献するものであり、本論文は博士(工学)に値するものと判定した。