

# 段階的近傍探索を用いた昇降機保守の 巡回スケジューリング

佐藤 誠<sup>†1</sup> 長坂 真理<sup>†1</sup> 木下 英治<sup>†2</sup>

**概要** : エレベータやエスカレータなどの、点在して稼働するインフラ機器の保守サービスでは、あらかじめ顧客と作業日時を事前に調整して行う定期点検や、突発的なトラブル対応などのために多くの保守員がかかわっている。本発表では、昇降機保守サービスを対象とした定期点検の月間スケジュール最適化手法について紹介する。

**キーワード** : 巡回スケジューリング, 設備保守, 段階的近傍探索, タブー探索

## Scheduling of Maintenance Service for Elevator using Phased Local Search

MAKOTO SATO<sup>†1</sup> MARI NAGASAKA<sup>†1</sup>  
EIJI KINOSHITA<sup>†2</sup>

### 1. はじめに

近年、生産設備などのプラントだけでなく、昇降機（エレベータやエスカレータ、リフト）などの、点在して稼働するインフラ機器の保守サービスでも Plant Asset Management(PAM) システムによる状態監視や、Computerized Maintenance Management System/ Enterprise Asset Management System (EMMS/EAM) 等による最適計画システムが導入され保守業務を支援している(図 1)。あらかじめ決定された定期点検計画や部品交換計画に基づくタスクの他に、PAM や顧客からの突発的なトラブル対応タスクが生じるが、それらのタスクを実際に行うのはフィールド保守作業員である。本研究では、昇降機の保守を対象に、営業拠点が 1 か月に行うあらかじめ決定された保守作業を自動スケジューリングする方式を検討してきた。様々な制約を考慮する必要があり、作業件数も比較的多いため、近傍探索オペレータを段階的に適用するスケジュール探索方式を採用している。以下では、充足する必要のあるスケジューリング上の制約と、それらを考慮したスケジューリング方式を説明する。

### 2. スケジューリング上の制約

点在して稼働するインフラ機器に対して定期点検や部品交換などの保守作業(タスク)を行う際に必要となる制約として、タスク上の制約、顧客側の制約、保守側の制約の 3 種類が考えられる(図 2(a))。ここでは、月間 1000 件程度のタスクを 10 人程度で管轄している場合を標準としている。

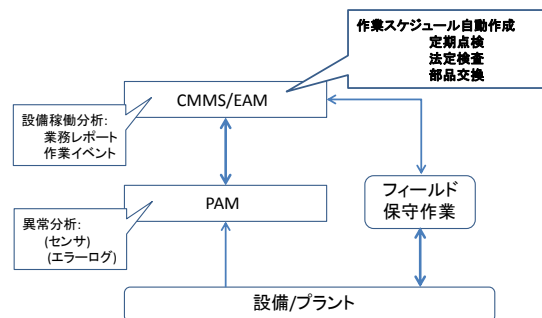


図 1 設備保守における作業スケジュール作成  
Figure 1 Scheduling in Maintenance Services.

タスク上の制約としては、実施に必要な作業時間と作業者の人数に加え、定期点検の場合は前回点検日からの間隔などを考慮する必要がある。顧客側の制約としては、昇降機を一時的に停止することが可能な週、曜日、時間などに加え、同じ日に保守して欲しい機器や同時には停止しないで欲しい機器などの要望を満たす必要がある。また、物件間の移動には物件の位置に応じた移動時間が必要となる。最後の保守側の制約に関しては、保守員の月間勤務シフト、担当可能な物件のエリア、スキル上担当可能な作業などの人的リソースの制約に加え、移動手段となる自動車や点検の際の計測機器の台数など設備リソースの制約も満たす必要がある。

ここで、同一日という顧客側の制約のため、あるタスクをある日に割当てる場合には、同一日指定されたその他のタスクもその日に割当てる必要がある。また、月に複数回点検を行う物件もあるため、定期点検の日数間隔の制約によって 1 回目点検の割当日が決まると 2 回目以降の点検を行うことが可能な候補日が一気に少なくなる。さらに、交通リソースに関しては、徒歩、自転車、バイク、自動車などがあり、自動車に関しては徒歩者の送迎も必要となる。

<sup>†1</sup> (株)東芝  
Toshiba Cop.  
<sup>†2</sup> 東芝エレベータ(株)  
Toshiba Elevator & Building Systems Corp.

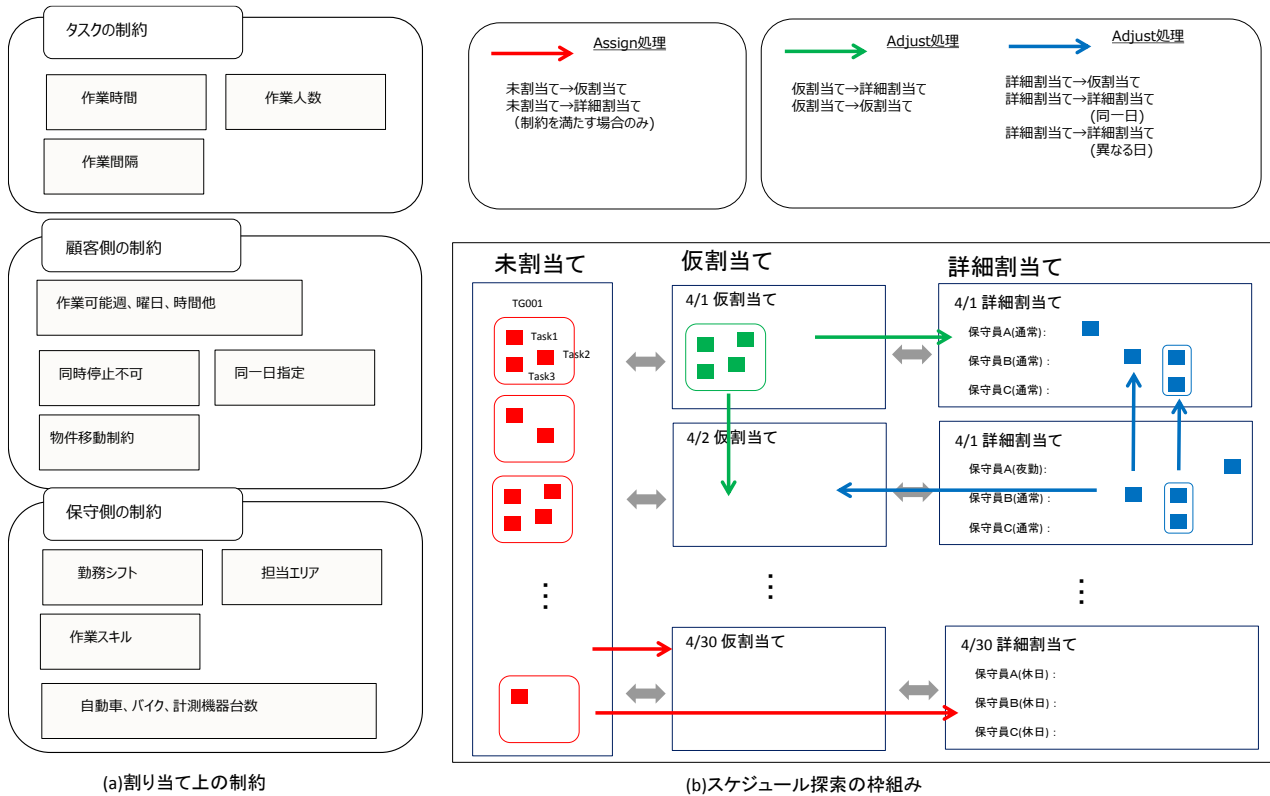


図 2 (a)スケジューリング上の制約と(b)スケジュール探索の枠組み  
 Figure 2 (a) Constrains on Scheduling and (b) Framework of Schedule Search

### 3. スケジュール探索の枠組み

図 2(b)は今回採用したスケジュール探索の枠組みを示している。図の■が一つのタスクであり、それを囲む□が同一日指定によってグループ化されたタスクグループである。タスクはどこにも割当てられていない「未割当て」、日付のみ割当てられた「仮割当て」、および、担当保守員、作業開始時間、移動交通手段が全て割当てられた「詳細割当て」という3つの状態を取る。そして、当初は全てのタスク(グループ)が未割当て状態からスタートし、Assign 処理によって、仮割当て状態か詳細割当て状態のいずれかにタスクグループを遷移させる。また、Adjust 処理によって、未割当て状態のタスクは無視して、仮割当て状態と詳細割当て状態のタスクの範囲で近傍探索によるスケジュールの組替えを行う。なお、Assign 処理も Adjust 処理も全ての制約を満たす場合のみ実行可能としている。

ここで、未割当て状態の全てのタスクを Assign 処理してから Adjust 処理するのではなく、ある程度の量の Assign 処理が終了した段階で Adjust 処理を行うという段階的な Assign 処理の適用を採用している。これは、保守員に割当てられた作業の数にある程度の余裕がある場合の方が、Adjust 処理の成功率が高まるためである。また、Adjust 処理のために、仮割当て状態のタスクや詳細割当て状態のタスクを対象に様々な近傍オペレータを用意している。

近傍オペレータには、解の改善の確率が高いが多くのバリエーションを試す必要がある計算コストの高いものや、最適性は劣るが計算コストは比較的低いものが存在する。そこで、Adjust 処理の近傍オペレータをグループに分け、計算コストの比較的低いものを適用し解が改善した場合には、準最適の可能性のあるその解を採用してしまい、以後の近傍オペレータグループは試さないという段階的な近傍探索を採用し高速化を図っている。

### 4. 今後の展望

現在、上記のスケジューリング方式を実現した月間自動スケジューリングシステムが全国の数百営業拠点を対象に稼働を始めている段階である。今後は、より高速化を行いインタラクティブな使用を可能にすること、および、各営業拠点固有の様々な制約要求に答える柔軟性を持たせていくことを目指している。

### 参考文献

[1] K., Mobley, et al, Maintenance Engineering Handbook, McGraw-Hill Professional, 7th edition, 2008.  
 [2] M.L., Pinedo, Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer, 2nd edition, 2009.  
 [3] C., Reeves et al, モダンヒューリスティクス—組合せ最適化の先端手法, 日刊工業新聞社, 1997.