

地震発生時に停止した昇降機に対する点検作業計画立案手法の提案

三菱電機株式会社	*楠原 昇平	KUSUHARA Shohei
三菱電機株式会社	柴田 秀哉	SHIBATA Hideya
三菱電機株式会社	高田 佳典	TAKADA Yoshinori

1. はじめに

地震発生時、昇降機の保守事業者は、停止した昇降機に対する迅速な保守点検作業を行う必要がある。保守点検作業を行うにあたっては、作業員の停止した昇降機への割当、及びその訪問順序を決定する必要がある。

昇降機の点検作業では、優先度の考慮が必要となる場合がある。具体例として、閉じ込めが発生した昇降機や、病院等の極めて緊急性が高い建物に設置された昇降機は点検優先度が高い。

規模の大きな地震であると、点検対象の昇降機台数は最大で1万台規模にも上り、それらを高々100人規模の作業員で巡回する必要がある。1日で全ての昇降機を点検しきれない場合、作業は複数日にわたる。

本稿では、作業計画立案業務の負荷削減と、作業計画の効率性を両立するための、高精度な自動計画立案手法を提案する。具体的には、点検件数が最大1万で、かつ点検対象に優先度が存在する状況を対象とする。なお、各作業員の割当と各作業員の訪問順序を含めて、作業計画と呼ぶ。

2. 問題設定

本研究における具体的な問題設定を以下に示す。以下では作業対象のことを巡回地点と呼ぶ。

- ・ 巡回地点は数百から最大で約1万である
- ・ 巡回地点には、複数段階の優先度が存在し、優先度が高い順に巡回をしなければならない
- ・ 作業員は複数人存在し、最大約100人である
- ・ 作業員が1日に作業できる時間は決まっている
- ・ 作業員は、移動手段として、徒歩と自動車、自転車の選択することができる。紙面の都合上、移動手段の詳細については、割愛する
- ・ 作業計画の良否は、全巡回地点を巡回し終えるまでの時間によって判断する
- ・ 作業計画は、15分以内に立案されなければならない

3. 提案手法

巡回地点に優先度があること、作業員が1日に作業できる時間が決まっていることを踏まえて、図1の流れで巡回ルートを作成する。

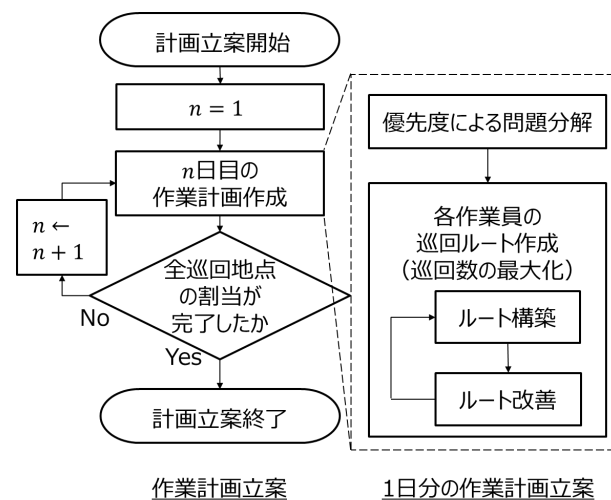


図1 作業計画立案フロー

以下に巡回ルート立案フローの主要な3点を示す。

(1) フローの全体構成

全ての巡回ルートを同時に作成するのではなく、1日分の巡回ルートを逐次的に作成していく。これは、事前に作業日数の推定が困難であるため、いくつかの巡回ルートを作成すればよいかの推定も同時に行うのは困難であるためである。

各作業日の巡回ルートを作成する上では、巡回数の最大化を目的とする。これは、各作業日で多くの巡回地点をまわることが、最終的な作業時間の削減につながるためである。ただし、作業最終日においては、巡回数の最大化ではなく、最大停止時間の最小化を目的としなければならない。これは、作業負荷平準化処理（後述）を用いて対応する。

(2) 優先度による問題分解

1日分の巡回ルートを作成する際は、まず、優先度により問題を分割する。これは、作業地点は優先度が高い順に巡回をしなければならないという制約条件に対応するためである。優先度別に問題を分割した後は、優先度が高い順に巡回ルートを作成し、作成後に各巡回ルートを結合する。

(3) 巡回ルート作成

各作業員の巡回ルートの作成について、所定の時間内での立案を可能にするため、まず貪欲法を用い

たルート構築を行う。その後、構築された巡回ルートに対する割当と訪問順序の入れ替えと、未割当の巡回先の挿入を行うルート改善を実施する。

ルート構築により、高速に初期ルートを作成し、その後、与えられた計算時間の範囲内で、ルート改善を繰り返し行うことで、所定時間内に効率的な作業計画の立案を行うことが可能となる。

ルート改善では、1つの巡回ルート内の訪問順序を入れ替える 2opt 法[1]と、2つの巡回ルート間で巡回地点の割当の交換を行う CROSS-exchange 法[2]を用いる。ここで両手法とも、基本的に巡回ルートの総移動距離を最小化するように、割当と訪問順序の入れ替えを行う。また、CROSS-exchange 法は、全ての巡回ルート間の組合せを対象にするのではなく、移動距離が長い巡回地点間の移動を優先的に削除するように、処理を行う。

総移動距離の最小化を目標として、訪問と割当の入れ替え処理を行うと、各巡回ルートは作業時間の面で余裕が生まれる。そこで、処理後の巡回ルートに対して、未割当の建物の挿入処理を行う。1つの巡回ルートにより多くの巡回先を割当ててすることで、各作業日において、復旧台数の最大化を実現する。

全ての巡回先をいずれかの巡回ルートに割当て終えることができたならば、例外として 2opt 法と CROSS-exchange 法における評価指標を最大停止時間の最小化に変更する。これは、全ての巡回先の作業が終わる日、すなわち作業最終日のみは、復旧台数の最大化という指標が意味を持たないためである。また、このように評価指標を変更することで、各作業員の負荷の平準化も実現できる。

4. 数値実験

提案手法が 15 分以内に、効率的な作業計画を立案することが可能かを検証する。評価データで使用する点検対象の昇降機については、ある地域に現在設置されている昇降機の中からランダムに選択する方法で決定した。

また、作成された巡回ルートの効率性を確認するため、地震発生時のエンジニアの行動を模擬した貪欲法ベースの比較対象手法を用いた。具体的には、各作業員は、未割当の建物を近い順に巡回する。また、各作業員が拠点から出発する場合は、他の作業員の作業地点と距離をとるように、作業開始地点を選択する。これは、巡回するエリアが重複しないようにするためである。

数値実験の結果を図 2 に示す。図 2 は巡回地点数

を 1000 から 10000 まで変化させた際の、各評価パターンにおける提案手法と比較対象手法の所要作業日数である。なお、各巡回地点数における結果について、巡回地点の配置による確率的な要素を吸収するため、異なる 5 つの評価データを作成し、それらの評価指標の平均値を取っている。

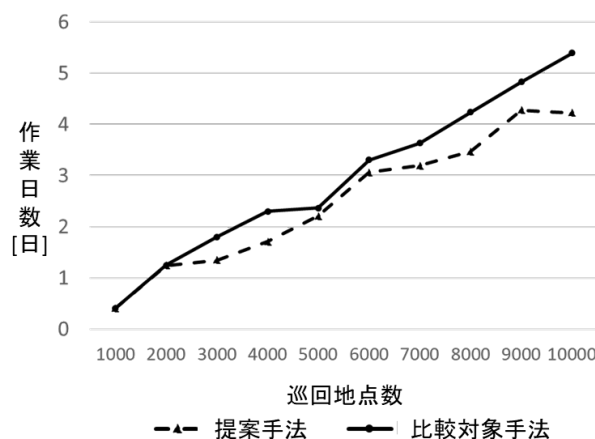


図 2 巡回地点数と作業日数の関係

各巡回地点数において、提案手法の方が評価対象手法よりも、同等の日数、もしくは短い日数で巡回地点を巡回する計画を立案した。

また、各評価パターンにおいて、計算時間が 15 分を上回ることはなかった。

5. おわりに

本研究では、巡回地点が最大で 1 万台規模にも上り、巡回地点に優先度が存在する場合における自動計画立案手法を提案した。提案手法は、優先度毎の問題分割と巡回ルートの逐次的な作成を組み合わせている。

提案手法の有効性を確認するため、数値実験を実施し、簡易的な比較評価を行った。評価の結果、所定の時間内に効率的な巡回ルートが作成されることを確認した。

本研究はまだ机上検証段階である。提案手法で立案された計画が実運用に耐えるか否か、今後は実地で検証していく予定である。

参考文献

- [1] Flood, Merrill M. "The traveling-salesman problem." *Operations research* 4.1 (1956): 61-75.
- [2] Taillard, Éric, et al. "A tabu search heuristic for the vehicle routing problem with soft time windows." *Transportation science* 31.2 (1997): 170-186.