

Mimic Panel 状態モデルと遺伝的アルゴリズムを適用した運転整理最適化手法の検討 ～遺伝子操作手法の検討～

Optimization of Train Rescheduling Problems Using the Mimic Panel State Model and the Genetic Algorithms ～Designing the Chromosome Operators～

納谷 浩朗 (電気システム工学科)

Hiroaki NAYA

交通・電力・環境システム研究室 指導教員 高木 亮 准教授

1.はじめに

列車ダイヤが乱れた際に、正常な運行に戻すために行われる「運転整理」と呼ばれる操作は、現在は主に指令員の手作業に依存している。しかし、膨大な作業の迅速な処理が求められるため、コンピュータによる自動化が求められている。すなわち、運転整理を数学的な最適化問題とみなして解くということである。

筆者が属する研究グループでは、この問題を解くために「Mimic Panel 状態モデル (MPSM)」を提案しており、このモデルを用いた最適化の手法として、遺伝的アルゴリズム(GA)の適用が検討されている。本論文では、GA を運転整理問題に適用する際の遺伝子操作手法について議論する。

2. MPSM

Mimic Panel とは、運転指令所等に設置されている、線区全体の列車の在線状況を表示できる装置である。MPSM とはこの Mimic Panel の表示の状態を数学的に表現したものである。図 1 に、MPSM の一例を示す。

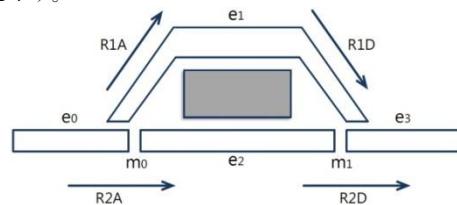


図 1 Mimic Panel 状態モデル

3. ペトリネットによる MPSM の表現

MPSM はペトリネット(PTN)によって表現される。MPSM を表現する PTN の状態 (Mimic Panel 状態 (MPS) と呼ぶ) は、列車の動きに従って遷移していく。MPS を遷移順に並べたものを状態遷移列と呼ぶ。図 2 のように全ての MPS を含んだ探索範囲を状態空間と呼ぶ。状態空間内の 2 つの MPS を結ぶ矢印は、MPSM を表現する PTN における 1 つのトランジションの発火でこの 2 つの MPS の間の遷移が当該矢印の方向に可能であることを示す。

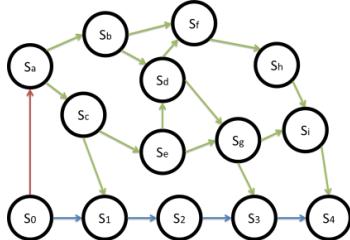


図 2 状態空間の例

4. 遺伝的アルゴリズムによる運転整理案の最適化

GA は生物の自然淘汰の過程を模擬した最適化アルゴリズムである。一般的に、GA では染色体とは固定桁数の 2 進数と説明され、そのような GA を特に Simple GA (SGA) と呼ぶ。一方、本研究では 1 つの状態遷移列は 1 つの運転整理案に対応するから、これをそのまま染色体として利用したい。そこで、SGA とは異なる方法で交叉や突然変異などの遺伝子操作を行う必要が生じる。

5. MPSM に対応した遺伝的アルゴリズムの基本的な考え方

SGA における交叉とは、2 つの染色体の一部を入れ替える操作である。SGA による突然変異とは、染色体中の遺伝子をランダムに反転させる操作である。交叉や突然変異の後に生じる染色体は評価の良否を掛けばどれも有効である。

一方、MPSM で状態遷移列を染色体として利用する場合、それは固定長ではなく、また遺伝子は MPS そのものであるからその種類も多い。さらには、有効な状態遷移列であるためには、状態遷移列において隣り合う 2 個の MPS はどれも図 2 のような状態空間で相互に正しい向きで矢印によって結ばれていないなければならない。

もし、不用意に交叉や突然変異を定義すると、現世代の染色体群から生成された次世代の染色体群のほとんどが、最後の条件に違反するため無効となる可能性がある。本研究では、交叉もしくは突然変異の操作において生成される染色体のこの意味での有効性が保証されるようになっている。

6. 突然変異の定義

MPSM における突然変異では、突然変異の対象に選択された状態遷移列から、まず変異の起点 MPS をランダムに指定する。次に、起点 MPS からの遷移する「次」の MPS を、状態遷移列の有効性を維持しつつ別なものに変更する。従って起点 MPS は、その「次」となりえる MPS を複数持つ必要がある。

「起点の次」の MPS が元の状態遷移列と違うものに置き換わられた場合、新たな「起点の次」の MPS と、元の状態遷移列における「起点の次の次」の MPS との関係は有効性の条件を満たしていない保証がない。そこで、新たな「起点の次」 MPS から元の状態遷移列まで戻る経路を状態空間上で探索する必要がある。このとき、最終的に選択する突然変異後の状態遷移列が元の状態からの「レーベンシュタイン距離」が最小となるように、元の状態遷移列に戻る操作を行う。レーベンシュタイン距離とは、ある文字列の一部を置換・削除等して新しい文字列を生成した時、元の文字列とどの程度異なるかを表す概念である。具体的には図 3 のように、A から 3 に遷移できるかを判定し、できない場合は 4, 5, 6 の順に判定を行う。元の状態遷移列に戻れない場合、更に新しく別の状態 B を生成・遷移し、同様の操作を繰り返す。

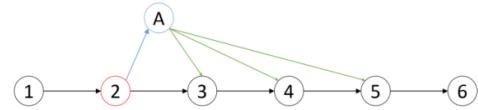


図 3 状態遷移列の突然変異

以上のような遺伝子操作により、MPSM に GA が適用可能であることが示された。要旨では割愛したが、交叉についても同様に MPSM に適用できることが確認された。

7.まとめ

本研究では、遺伝的アルゴリズムを運転整理問題に適用する際の具体的な遺伝子操作の手法について提案を行った。

この理論を運転整理ツールに実装し、正常に最適化が行われる定量的に評価することが課題である。

文献

- (1) 寺島光哉:「Mimic Panel 状態モデルによる運転整理問題の表現と解析に関する検討」, 工学院大学修士論文(2014.3)