

Mimic Panel 状態モデルと粒子群最適化を適用した運転整理手法の基礎検討

Preliminary Study into the Optimisation of Train Rescheduling Problems

Using the Mimic Panel State Model and the Particle Swarm Optimization Technique

小林 勇太 (電気システム工学科)

YUTA KOBAYASHI

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

何かしらの障害により列車ダイヤに乱れが発生した際、指令員の手作業によって「運転整理」と呼ばれる正常なダイヤに戻す作業が行われる。この作業量は膨大で、かつ迅速な処理を求められる。近年、この運転整理を数値的最適化問題として定式化し求解する研究が盛んになっている。

運転整理問題の最適化のためには鉄道システムのモデル化が欠かせない。筆者らは、見通しの良いモデル化が可能な「Mimic Panel 状態モデル (MPSM)」を提案してきたが、これまで MPSM と遺伝的アルゴリズム (GA) を組み合わせて検討してきた。一方、GA を代替するアルゴリズムとして粒子群最適化 (PSO) が注目されている。

そこで、本研究では、PSO と MPSM の組み合わせで運転整理最適化を行う方法について議論したので報告する。

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する装置である。MPSM とは、この Mimic Panel の状態を数学的に表現したものである。図 1 に Mimic Panel の例を示す。

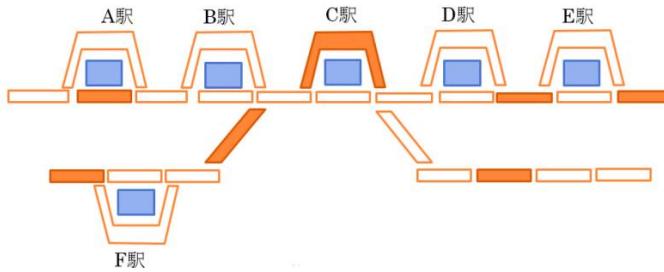


図 1 Mimic Panel の例

3. ペトリネットによる MPSM の表現

MPSM はペトリネットによって表現される。ペトリネットのマーキング (Mimic Panel 状態 (MPS) と呼ぶ) は列車の動きに従い遷移する。MPS を状態遷移順に並べたものを状態遷移列 (MPS 列) と呼ぶ。すべての MPS を含む集合は状態空間と呼び、これを S_{MPS} と記す。

MPS 列において隣接する 2 つの MPS は、ペトリネットにおける発火可能なトランジションの発火で結ばれている。初めの MPS から発火可能なトランジションを探査し、選び続け、できた MPS 列が MPSM における 1 つのダイヤ案となる。

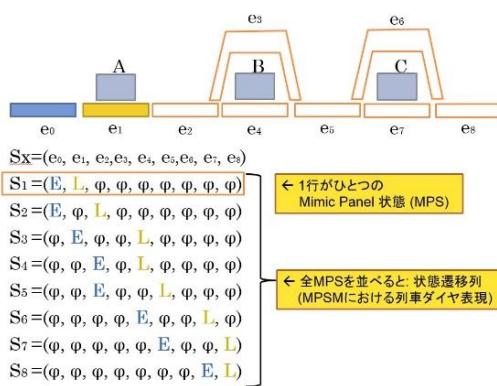


図 2 状態遷移列の例

4. 粒子群最適化

PSO は生物の集団行動をヒントにした最適化アルゴリズムである。複数の粒子が互いに情報を共有しながら、最適解を求めて、探索空間を動き回る。探索空間 (S_P) は M 次元で表され、評価関数 B を満たす解を探索する。

$$B(x) \leq C_1 \quad x = (x_1, \dots, x_M) \in S_P$$

B の最小値は 0、しきい値 C_1 以下となる x を探索する。

PSO では N 個の粒子が S_P 内を動き回る。

各粒子は次の値によって特徴づけられる。

$$\text{PSO における位置, } x^i \equiv (x_1^i, \dots, x_M^i)$$

$$\text{PSO における速度, } v^i \equiv (v_1^i, \dots, v_M^i)$$

この動作では次の量が重要である。

$$\text{パーソナルベスト (Pbest) } p^i \equiv (p_1^i, \dots, p_M^i)$$

i 番目の粒子の現在までの最良を与える粒子位置。

$$\text{グローバルベスト (Gbest) } g \equiv (g_1, \dots, g_N)$$

すべての粒子のパーソナルベストの最良値。

$$\text{ローカルベスト (Lbest) } l^i \equiv (l_1^i, \dots, l_M^i)$$

i 番目の粒子の近傍のパーソナルベストの最良値。

これらの情報を元に PSO における位置や速度の更新を繰り返し、評価関数を満たす解を探索する。図 3, 図 4 に粒子群最適化におけるイメージ図を示す。

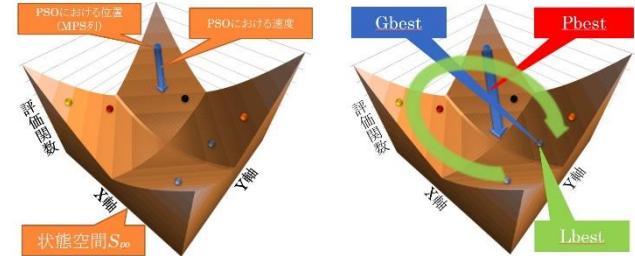


図 3 PSO における位置.速度

5. Mimic Panel 状態モデルへの PSO の適用

PSO における探索空間の次元 M は MPS の総数すなわち $|S_{MPS}|$ 、評価関数 B はすうじっくの不効用値とする。PSO における位置は「任意の MPS $S_a \in S_{MPS}$ に対して次に発火するトランジションの番号を定める関数」を、PSO における速度は PSO における位置の時間変化率を、それぞれ使用する。

始点 MPS S_1 を定めれば、PSO における位置は 1 つの MPS 列を与える。PSO アルゴリズムにおいて、PSO における位置は PSO における速度により、また PSO における速度も Lbest および Gbest に基づき、それぞれ更新される。この更新を繰り返すことにより最適解が探索される。

以上のように、PSO と MPSM を組み合わせ、運転整理問題を最適化するための定式化ができることが示された。

6. まとめ

本研究では、粒子群最適化を運転整理問題に適用するための定式化が行えることを示した。

この理論を計算機プログラムとして実装し、最適化を試行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)
- (2) 斎藤利通: 「粒子群最適化と非線形システム」 IEICE Fundamentals Review Vol.5 No.2 (2011,10)