

Mimic Panel 状態モデルを用いた列車ダイヤ評価プログラムの開発

○ [電] 小箆 亮太郎 [電] 高木 亮 (工学院大学)

Development of train schedule evaluation program
that incorporate Mimic Panel state model

○ Ryotaro Kokago, Ryo Takagi, (Kogakuin University)

The authors have maintained a digital simulation and evaluation program to evaluate train schedules for the research of techniques to create optimal train schedules under given O-D demands. The authors are now intending to re-develop the program so that it can be used for optimal re-scheduling as well as optimal scheduling. For this purpose, the Mimic Panel state model is proposed. In this paper, the progress of the redevelopment work will be presented.

キーワード：運行計画，運行管理，運転整理，最適化

Key Words：Train scheduling, Train control, Train rescheduling, Optimisation

1. はじめに

鉄道はあらかじめ計画されたダイヤに基づいて、日々の列車運行が行われる。しかし、時として、天災、人身事故、踏み切り、車両故障等の原因で列車ダイヤに乱れが生じることがある。このような時、一時的に列車の運行計画に変更を加えて、乱れたダイヤをなるべく早く元に戻すことが行われる。これを運転整理と呼んでいる。近年、運行管理システムの導入が進み、平常時の運行管理の自動化が進んでいるが、運転整理については指令員の経験と勘に頼って行われており、大きな負担となっている。このため、指令員の運転整理業務を支援するシステムが必要である¹⁾。筆者らの研究グループでは、運転整理問題を解くモデルについて検討を行ってきた。本論文では、Mimic Panel 状態モデルの概要と、このモデルを用いた運転整理適用例を中心に、報告する。

2. Mimic Panel 状態モデル

先行研究より、運転整理における列車の動きの解析に活用しやすいモデルについて研究が行われてきた^{2) 3)}。運転整理時における列車の動きの解析に用いるモデルとして、Mimic Panel 状態モデルを用いる。その概要について、以下に示す。

Mimic Panel 状態モデルとは、線路をグラフ理論に基づいて表示した際、ブランチ（線路）上にいる列車を double-ended queue（両端から出し入れできるキュー）で表し、その double-ended queue の集合をシステムの「状

態」として定義する。図 1 の上図は、通常の配線図を表しており、ここでは複線の片方向での配線を表している。また、図 1 の下図は、配線図を Mimic Panel で表現した図であり、 (S_0, S_1, S_2, S_3) がシステムの「状態」である。ある 1 つの状態から次の状態への遷移は、分岐において、列車がこの先どの進路に進むかということを設定する、つまり列車が分岐点に達するとき、ある 1 つのブランチから別のブランチに移る設定をすることによって起こる。つまり、運転整理時における列車の動きの変更は、ルートの設定順序を変えることで表現でき、そしてルートの設定順序を変えることは、状態遷移の順序を変更することと等価ということになる。そして、このモデルを適用することにより、GA（遺伝的アルゴリズム）で運転整理時における列車の動きを解析するのに良いフレームワークが出来ることが実証されている^{2) 3)}。

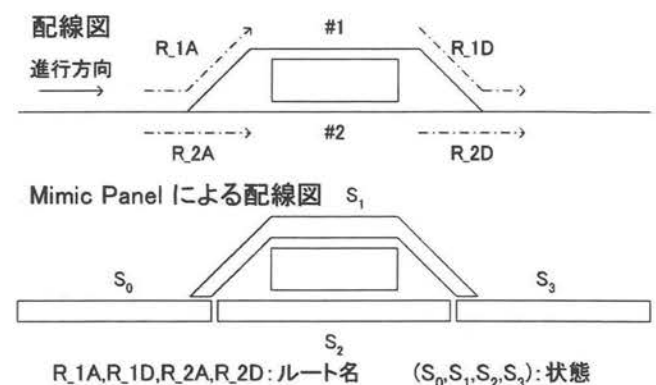


図 1 レールネットワークにおける「状態」

3. このモデルを用いた運転整理最適化

以下では、Mimic Panel 状態モデルの適用例のひとつとして、複々線での運転整理手法について考察する。

複々線での運転整理手法には、一般的に用いられる詰めダイヤ、運休、部分運休、順序変更、種別変更、時隔調整などの手法に加え、筆者らの研究グループで近年提案した 3 線運行などの高度な運転整理手法⁴⁾がある。これらの運転整理手法を前章で提案した Mimic Panel 状態モデルで表現し、開発する列車ダイヤ評価プログラムに実装することにより、運転整理の最適化が可能となると考えられる。

開発する列車ダイヤ評価プログラムで運転整理最適化および評価のケーススタディを行う例として、3 線運行に移行して運転整理を行うか、そのまま運転再開まで待った上で運転整理を行うかについてケーススタディを行う。3 線運行とは、方向別複々線において、4 線の内 1 線が不通になった場合、同方向の 1 線を用いて運転を継続することで、従来の運転整理で輸送サービスを停止せざるを得なかった駅への輸送の継続が可能となる手法である。渡り線設備や逆行運転用の信号保安設備を適切に設置することにより、輸送力が最も必要とされるラッシュ時間帯の輸送力の低下を最小限に抑えることが、列車運行の頑健性向上につながり、同時に輸送力の少ない日中閑散時には運転整理による輸送力低下を回避することができる⁴⁾。本稿では、3 線運行を行うモデルとして、3 線運行の制約が最も少ない外側急行線の一般的な路線をモデルとする。配線図と Mimic Panel 状態モデルで表現した配線図を図 2 に示す。図 2 は方向別複々線の路線において、外側の 2 線が優等列車を走行させる急行線で、プラットフォームは主要駅にのみ設け、内側の 2 線は非優等列車を走行させる緩行線で、プラットフォームは各駅に設けている。主要駅では、優等列車と非優等列車が互いに同一ホームで乗り換え可能な配置となっている。また、急行線と緩行線で互いに線路変更が可能な設備（両渡り線）を設けている。図 2 の配線図における両渡り線の部分は、Mimic Panel 状態モデルによる配線図では m_A, m_B, m_C, m_D の部分となる。両渡り線 m_A, m_B, m_C, m_D で進

路を設定することにより、次の状態に移移することになる。

図 2 において、3 線運行となり運転線路変更が発生する場合の例を示す。駅 B-C 間で輸送障害が発生し、駅 A から駅 D に向かう方向の緩行線が不通となった場合（図 2 の Mimic Panel 状態における S_2 が不通区間）、緩行線を走る列車の運行を継続するためには、残っている同方向の急行線を用いる必要がある。そこで、駅 A 先の両渡り線 m_A において非優等列車に設定されている進路 RA_{12} を RA_{02} に変更することで、駅 A-D 間の非優等列車の運転線路を急行線に変更し、その後、駅 D 手前の両渡り線 m_B において、駅 A-D 間で急行線に運転線路が変更された非優等列車の進路を RD_{02} に設定することにより、緩行線の線路に戻す。これにより、駅 D 以降の非優等列車の運行を継続することが可能となる。Mimic Panel 状態モデルは、時間の概念を別のモデルに任せ、Mimic Panel の状態が次の状態に移行できるか決めるとき、列車の進行が可能となる状態を考えるモデルである。つまり、分岐において列車が進行可能となる次の状態の候補を増やしていくことにより、最終的に運転整理の最適化が可能となる⁵⁾。

4. おわりに

運転整理問題を解くモデルとして、Mimic Panel 状態モデルの概要を示した。現在、Mimic Panel 状態モデルを用いた運転整理最適化を組み込んだ列車ダイヤ評価プログラムを作成中であり、最適化及び評価等、詳細については当日発表を行う。今後はさらに、発表を行う運転整理適用例以外の評価・最適化を行っていく。

参 考 文 献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所 運転システム研究室：「鉄道のスケジューリングアルゴリズム」，株式会社エヌ・ティー・エス，2005。
- 2) Takagi, R., Weston, P.F., Goodman, C.J., Bouch, C., Armstrong, J., Preston, J. and Sone, S. : Optimal Train Control at a Junction in the Main Line Rail Network Using a New Object-oriented Signalling System Model, Proc. (COMPRAIL 2006), pp.479-488, July 2006.
- 3) Takagi, R., Kokago, R., Goodman, C.J. and Weston, P. : Optimisation of Train Re-scheduling using a Genetic Algorithm Applied to the Mimic Panel State Model of the Overall Railway, Proc. ICRE 2008, pp.225-229, March 2008.
- 4) 水野健司，曾根悟，高木亮：複々線鉄道で線路変更を用いた運転整理 ～線路配線と列車運行の頑健性に関する考察～，日本機械学会第 13 回鉄道技術連合シンポジウム，3514，pp.363-366，2006。
- 5) 小籠亮太郎，高木亮，曾根悟：運転整理問題への Mimic panel 状態モデルの適用に関する検討，平成 20 年電気学会全国大会，5-081，pp.128-129，2008。

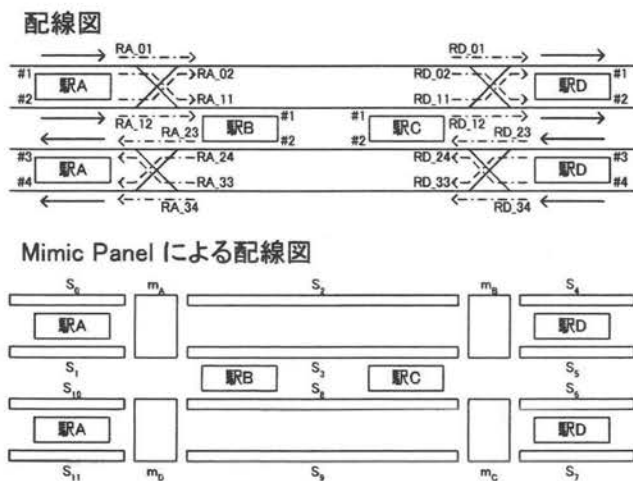


図 2 方向別複々線における配線例