

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信
情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

ダイヤ乱れに応じて 車両運用を迅速に変更する

日々の列車は、事前に定められた列車ダイヤと車両などの使用スケジュールにしたがって運行されますが、事故や災害などで運行が阻害されると、列車ダイヤを正常な状態に戻すために、列車を運休する、終着駅での折り返し先の列車を変更するなどの措置がとられます。これに伴って、車両の使用スケジュールも変更することになります。本稿では、コンピューターで迅速に車両の使用スケジュールの変更案を作成する手法を紹介します。



佐藤 圭介
Keisuke Sato
信号・情報技術研究部
運転システム研究室
副主任研究員
【専門分野】 運転整理、
運用整理

列車ダイヤと車両運用

列車は、出発・到着する駅と時刻があらかじめ定められたうえで運行されます。列車の運行の計画を表す代表的な図表として、横軸に時間、縦軸に走行路線上の駅を順番に並べた列車ダイヤ図があり(図1)、「列車ダイヤ」は運行計画そのものを指す言葉として用いられます。

列車ダイヤ自体は運行の予定にすぎないため、実際に乗客や貨物を輸送するためには、車両が必要になります。車両についても、列車ダイヤと同様に、あらかじめ使用スケジュールが定められています。車両の使用スケジュールのことを「車両運用」といいます。車両運用は、列車ダイヤ図上に、車両が

どの列車に使用されるかの推移や、車両の検査や清掃などの作業が書き加えられた形で表されます。

図1の列車ダイヤに対する車両運用の例が、図2になります。図2の○印は車両の使用開始を、駅で列車と列車を結ぶ線は車両が次に使用される列車を、△印は車両の使用終了をそれぞれ表します。この例では、車両AはA駅から列車1→4→5→6→9→12→11の順に使用され、B駅で検査を受けた後に使用が終わるというスケジュールになります。

運転整理と運用整理

このように、列車は列車ダイヤや車両運用にしたがって運行されますが、

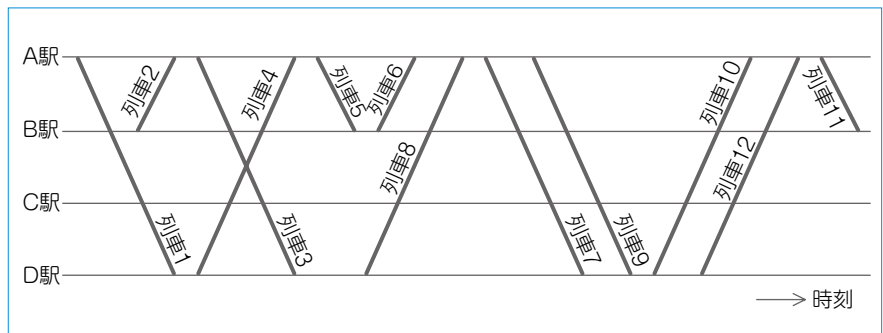


図1 列車ダイヤ図

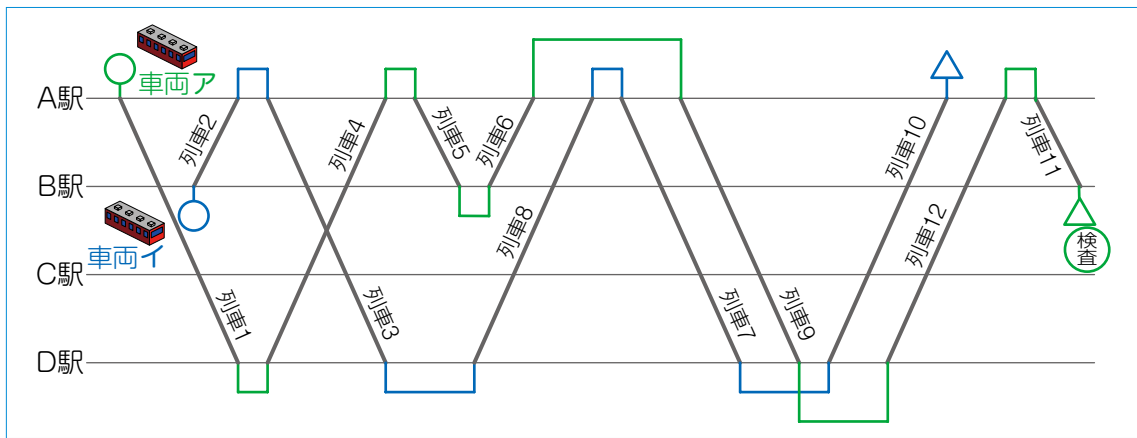


図2 車両運用

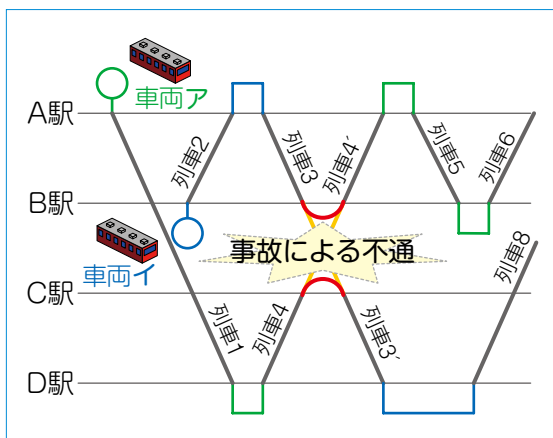


図3 不通のときの運転整理

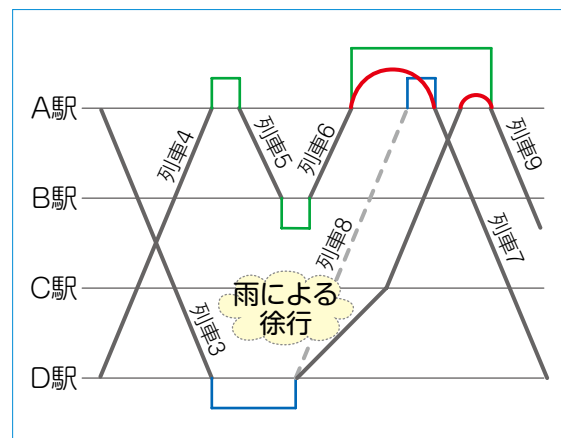


図4 徐行のときの運転整理

事故や災害などにより、どうしても列車を運行できない、あるいは列車が遅れてしまう状況（以下「ダイヤ乱れ」と呼びます）に陥ることがあります。このとき、列車運行を正常な状態に戻すために、列車ダイヤに一連の変更が加えられます。この作業を「運転整理」¹⁾といいます。

ダイヤ乱れにはさまざまなケースがあり、それに対する運転整理のやり方もそれぞれ異なりますが、**図3**と**図4**に例を示します。**図3**では、列車3と列車4が運行される時間帯に、B駅～C駅間で事故による不通が発生しています。これに対して、列車を不通区間で運休させ、その手前のB駅で列車3を列車4'に、C駅で列車4を列車3'にそれぞれ折り返しさせることで、以

降の列車への影響を避けることができます。**図4**では、列車8が運行される時間帯に、D駅～C駅間で雨による徐行運転が行われ、列車が遅れています。このままでは折り返しの列車7も遅れるので、先にA駅に到着している列車6を列車7に、列車8を列車9にそれぞれ折り返しさせることで、ダイヤを正常に戻すことができます。

ここで、**図3**と**図4**、どちらの例でも、車両アと車両イの運用は入れ替えられることになります。特に、車両アについては、列車11として運行された後に、B駅で検査を受ける予定でしたが、このままでは列車10として運行された後に、検査を受けずに使用が終わります。車両は法令などにより数日おきの検査が義務づけられています

が、もしこの日が車両アに対する検査実施の最終期限日であれば、別の駅と時間帯で臨時に検査をしなければなりません。これは車両運用が正常ではない状態、言い換えると、運転整理によりダイヤは正常化しても、車両運用は乱れたままの状態といえます。そこで、運転整理のめどが付いてから、車両運用が変更されて正常な状態へと戻されます。この作業を「車両運用整理」^{2),3)}、あるいは対象が車両であることが明確な場合は、単に「運用整理」といいます。

運転整理も運用整理も、迅速な判断と実施が要求されます。現状では、これらの作業の主要な部分は担当者の手作業に委ねられており、ダイヤ乱れの規模が大きいつきには負担になっています。

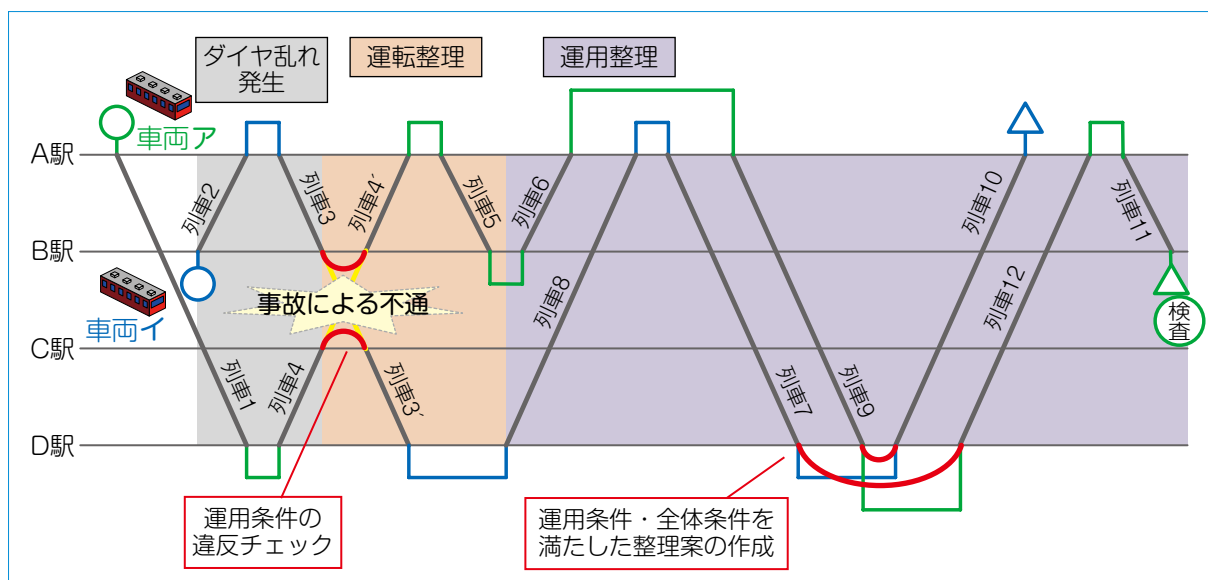


図5 コンピューターによる運用整理支援の概要

運用整理の支援

運用整理で守るべき条件

そこで、コンピューターにより運用整理を支援することを考えます。その際に最も大切なことは、コンピューターの支援を得て作られた運用整理の案が、車両運用に関するさまざまな条件を満たしており、その案のとおりを実施できることです。車両運用の条件には、例えば、電車は電化区間を走行する列車にしか使用してはならないことや、路線の分岐駅で分割される列車には分割に対応した車両を使用しなければならないことといった、物理的なものがあります。そのほかにも、各駅で使用が終わる車両は、もともとの車両運用においてその駅で使用が終わる車両と同じ車両形式でなければならないことという、運用ルール上の条件もあります。別の形式の車両がその駅にいと、次にその車両を使用するとき、形式が異なるため、物理的な条件やそのほかの運用ルール上の条件を違反するおそれが残るからです。図3や図4の例で問題になっている、車両の検査周期を守ることも、重要な条件の一つです。

運用条件の違反チェック

このような条件を守ることは、運転整理のなかで折り返し先の列車を変更する段階でも必須になります。そこで、運転整理の担当者が折り返し先の列車を変更しようとするときに、車両運用の条件を違反することにならないかをコンピューターでチェックして、違反があれば担当者に通知する機能を開発しました。ただし、列車ダイヤを正常な状態に戻すことが最優先ですので、駅で使用が終わる列車の形式など、のちに条件を違反することになるものの、後で解決できるものについては、ここでのチェックの対象外とします。

運用整理案の作成

運転整理がうまくいき、ダイヤが正常化するめどがついたと運用整理の担当者が判断した時点で、コンピューターにより運用整理案を作成する機能も開発しました。この機能は二つのステップからなります。まず、各車両について、運用整理開始時点からその車両の使用終了までの車両の使用パターンをいくつか挙げてみます。このとき、運転整理の時点ではチェックの対象外としたものも含めて、全ての車両

運用条件を満たしているものだけを探し出します。車両の使用途中に、検査が可能な駅で時間が確保できる場合には、臨時で検査を行うことも提案します。次に、各車両の使用パターンから一つを選び出して、それらを組み合わせます。このとき、全ての列車に必ず一つだけの車両が使用されるようにします。どの車両も使用されない列車は運休しなければなりませんし、車両が併合に対応しているケースを除いては、複数の車両を同じ列車に使用することはできないからです。この条件は、運用整理で守るべき全体条件といえます。

図3のダイヤ乱れの例に対する、運転整理と運用整理、それぞれの段階でのコンピューターによる支援の概要を、図5に示します。運転整理の担当者が列車4から列車3'、列車3から列車4'への折り返しをしようとする際に、チェックがなされて、運用条件を違反しないことが確認されると、折り返しが実施されます。事故による不通が解消され、ダイヤが正常化した段階で、列車7から列車12、列車9から10へと折り返しをさせ、もとの運用に戻すという運用整理案が作成されます。

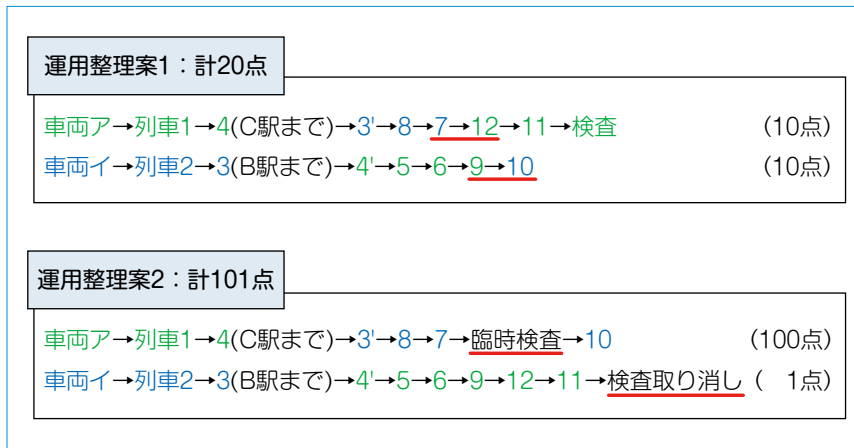


図6 運用整理案の比較

良い運用整理とは

運用整理の条件を満たすような答えというのは、一つだけとは限りません。例えば、図5で車両アと車両イが同じ形式であり、また、列車7のD駅到着から列車10の出発までの間に、車両の検査を実施できるものと仮定します。その場合には、臨時の検査を実施すれば、図5のように車両運用を変更しなくても、駅で使用が終わる列車の形式の条件と、車両アの検査周期を守る条件は、ともに満たされることとなります。では、そのほかにも候補が多数考えられるかもしれない中で、運用整理の担当者に受け入れられるような運用整理案を作成するには、どうすればよいのでしょうか。ある車両の運用を変更するには、その車両に乗務する運転士や車掌、そのほか駅や車両基地の係員による実際の作業が伴います。そこ

で、変更に伴う手間を点数で表し、変更の回数が増えるごとに点数を加えていくことにします。運用整理案の作成の第一ステップで列挙する車両の使用パターンについて、変更がないものは0点、いくつも変更があるものはそれだけ大きい点数にするというわけです。第二ステップで各車両の使用パターンを組み合わせるときに、使用パターンの点数を足し合わせて、それを運用整理案全体の点数とします。合計値が小さいものが良い運用整理案になります。図6は運用整理案の点数付けと比較の例です。この例では、折り返し先の列車の変更は1回につき10点、臨時の検査実施は係員の負担が大きいので100点、検査の取り消しは1点と定めており、運用整理案1のほうが良い案になります。

開発したコンピュータープログラム

数値計画法

応用数学の一分野で、工学や社会で発生する現実問題を数式の形でモデル化し、その数式を解くことで問題の解を得る手法のことをいいます。数式は、対象とする問題が守らなければならない制約条件と、何をもって良い解とするかを定義する目的関数に分類されます。運用整理案の作成では、各車両の使用パターンから一つを選び出すこと、全ての列車に必ず一つだけの車両が使用されることなどが制約条件に、運用整理案全体の点数を小さくすることが目的関数になります。モデル化した数式を解くには専門のソフトウェアを使用しますが、数式や変数の数が少なければ、市販の表計算ソフトも利用できます。

では、数値計画法(参照)という手法を用いて、合計点数が小さい運用整理案を作成しています^{2),3)}。また、運用整理の担当者が点数の重み付けを変えることのできる機能があり、特徴の異なるいくつかの整理案を作成できるようになっています。整理案の作成にかかる計算時間は、実際の路線の運用整理に対しても、許容できる時間に収まっています。

おわりに

列車は列車ダイヤと車両運用にしたがって運行されますが、ダイヤ乱れが発生すると、まずはダイヤを正常に戻すために運転整理が実施されます。その中で車両運用が変更されるため、ダイヤ乱れが解消されるめどがついてから、車両運用を正常に戻すための運用整理が実施されます。運用整理を支援するために、コンピューターで運用条件をチェックする機能と、運用整理案を作成する手法を開発しました。

ダイヤ乱れ時の運用整理は車両だけが対象ではなく、運転士と車掌からなる乗務員についても行われます⁴⁾。今後は運転整理と車両運用整理、乗務員運用整理の効果的な連携に取り組んでいきます。RRR

文献

- 1) 電気学会・鉄道における運行計画・運行管理業務高度化に関する調査専門委員会(編):鉄道ダイヤ回復の技術, オーム社, 2010
- 2) 佐藤圭介, 福村直登:機関車運用整理案作成アルゴリズムの開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, pp.17-22, 2010
- 3) 坂口隆, 佐藤圭介:旅客列車を対象とした車両運用整理アルゴリズムの開発, 鉄道総研報告, Vol.25, No.12, pp.17-22, 2011
- 4) 佐藤圭介, 福村直登:貨物列車のダイヤ乱れに備える, RRR, Vol.24, No.9, pp.31-34, 2009