

貨物列車のダイヤ乱れに備える

佐藤 圭介
 輸送情報技術研究部
 (運転システム 研究員)

福村 直登
 同
 (同 研究室長)



はじめに

貨物鉄道事業者は貨物列車の定時運行を守るために様々な努力をしています。しかし人身事故や自然災害などにより、どうしても列車が遅れる、あるいは列車を運休せざるを得ない状況（以下、ダイヤ乱れと呼びます）に陥ることがあります。

貨物列車は様々な地域をまたがって運行されているため、ある地域のダイヤ乱れが他の地域の列車運行にまで波及してしまうことがあります。また途中の駅で停車して、速度の速い旅客列車を先に通すこともあり、こういった理由から貨物列車の乱れは大きくなりがちです。

このときには、乱れをこれ以上広げないための取り組みが大切になります¹⁾。ここではそのひとつである乗務員運用整理という業務について、正確で迅速な整理を実現するために進めている、コンピュータによる整理案の作成と情報伝達の研究を紹介します。

乗務員運用整理とは

乗務員とは貨物列車の場合は運転士のことを言い、乗務員運用とは運転士の列車運転スケジュールのことを指し、一つの乗務員運用は運転士の一勤務に対応します。列車の発着駅・時刻を定めた列車運行計画、図1のようなダイヤ図の形で表現されますが、これに対して、図2のようにし

て乗務員運用も決められています²⁾。図2の○印は勤務の開始、△印は終了を意味し、乗務員aは出勤から列車1→4→6→5→10→12の順に運転し、A駅に帰着するまでが一度の勤務行程になります。同様に乗務員bの行程は列車2→3→8→7となり、全ての列車がこの2名によって運転されるという計画になっていることがわかります。

さて、計画されたダイヤと乗務員運用に従って、図3の現在時刻と書かれた時刻までは定時運行がなされましたが、列車4のC駅出発が何らかの要因で遅れてしまいそうだという事態を考えます。現在時刻においては、乗務員aは列

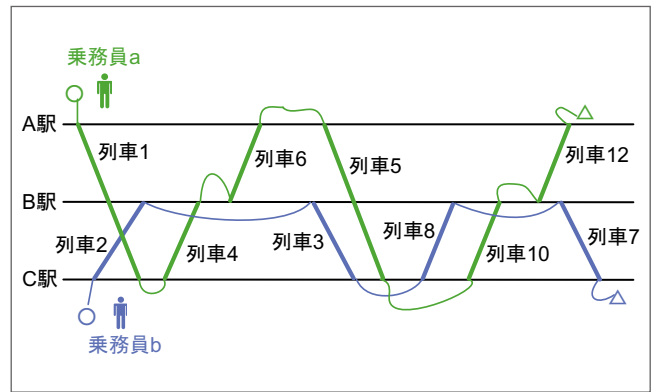


図2 乗務員運用

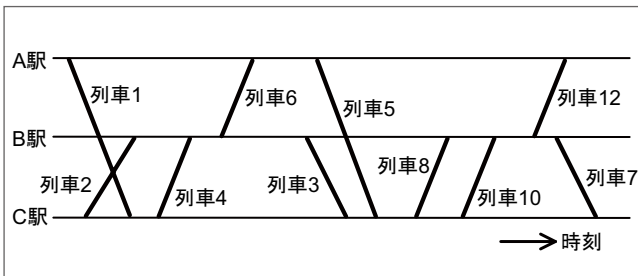


図1 列車ダイヤ図

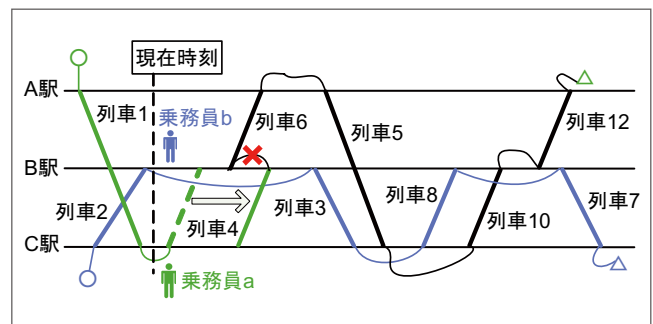


図3 ダイヤ乱れ例

車1の運転を終えてC駅にいますが、このまま列車4を運転してB駅に到着すると、列車6の発車時刻を過ぎてしまいます。このとき列車6は乗務員がいないので、出発時刻を遅らせて乗務員aを待つしかないのでしょうか？そうはせず、列車2の運転を終えてB駅にいる乗務員bに列車6を定刻通りに運転してもらい、代わりに乗務員aが列車3を運転するようにすれば、列車4以外は定刻通りに発車でき、ダイヤ乱れを最低限にとどめることができます。このように、ダイヤ乱れを早く収束させるため、乗務員運用を計画から変更することを、乗務員運用整理と言います。

また乗務員の勤務開始駅と終了駅は同じでなければならないため、先ほどの例では、C駅からB駅にて再び運転列車の交換を行い、乗務員aがA駅に、乗務員bがC駅に帰着できるようにしなければなりません。他にも乗務員によっては運転不可能な地域がある、ダイヤ乱れ時には乗務員は超過勤務になることが多いが超過勤務時間にも上限がある、といったような条件がいくつもあります。ダイヤ乱れ時には満たさなくてよい条件もあるものの、それでも多数の乗務員の運用整理は複雑なものとなり、一方で次々と列車の着発が迫っているため迅速な判断が求められます。この業務は担当者の手作業に委ねられているのが現状です。

運用整理案の作成

そこで、コンピュータを用いた乗務員運用整理を行うことを考えます。具体的には、乗務員の現在位置から列車を運転していき、勤務終了駅へたどり着くまでの「経路」を考え、そして乗務員ごとの経路を総合して、全ての列車がいずれかの乗務員の経路に含まれていれば、全ての列車に乗務員が割り当たっていることになるので、それを運用整理とします。図4は運用整理の答えの一つです。

この例では人間が見て簡単に運用整理の答えを見つけることができますが、実際の運行規模は乗務員数や列車数が数百にもものぼるため、全ての列車がいずれかの乗務員の経路に含まれるように、どうやってうまく経路を決定するか、そしてそのような運用整理の答えがいくつもある場合に、その中からどれを運用整理として採用するかが問題になります。前者の疑問に答える前に、後者の運転整理の良し悪しについて、今回の研究では次のように定義をしたので紹介します。

まず、乗務員の経路に何かしらの点数をつけることにします。点数は0点が最もよく、大きいほど悪いものとします。

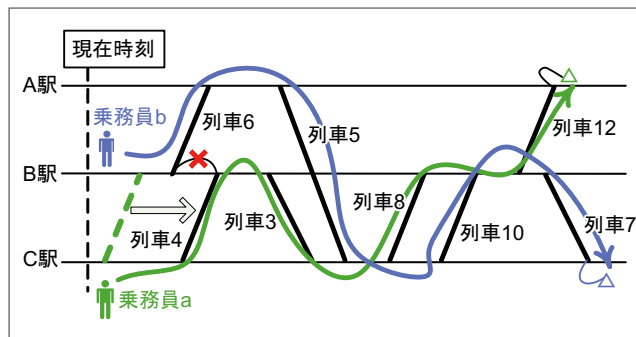


図4 運用整理の例

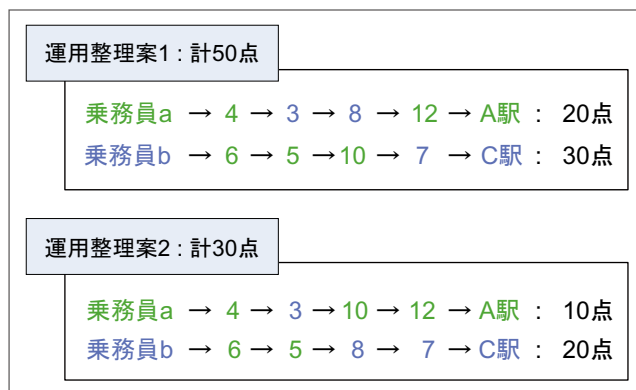


図5 運用整理案の比較

そして乗務員ごとの経路の点数を合計したものを、運用整理案(候補)の総合点とし、総合点が最小のものを運用整理として採用します。図5は、「元の運用(図2)で他の乗務員が運転予定だった列車を、自分が代わりに運転すれば点数を10点プラスする」というルールで経路に点数をつけたあと、乗務員ごとの経路を総合して運用整理案を2つ作成したものです。この場合は運用整理案2のほうが総合点が小さいため、こちらを採用することになります。

では運用整理の実務担当者から見て良い運用整理が答えとして出てくるためには、どのような点数付けをすればよいのでしょうか。担当者にヒアリングを行ったところ、元の運用計画から変更される乗務員の数が少ないこと、乗務員の出勤退勤を管理する機関区が異なる乗務員間での運転列車の交換が少ないこと、といった特徴を持つ運用整理が良いと判断されることがわかりました。よってこれらにもとづいた点数付けを行います。これらの評価尺度は相反するところがあるため、それぞれの点数の重みをパラメータとして与え、重みを調整することで、様々な運用整理案を作成できるようにしました。

図6と図7は、イ機関区の乗務員cの運転している5075列車が遅れて、続けて運転する予定の7050列車に間に合わない、またロ機関区の乗務員dが運転予定だった1061列車が遅れる、という想定ダイヤ乱れに対して、点数の重みを変えて異なる内容の整理案を作成したものです。それぞれの図について、運用が変更される乗務員の、当初の運用計画で運転する予定だった列車と、作成した運用整理案で運転する列車とを、上下に並べて表示しています。図中の色の付いた横長の棒が列車の運転を表します。図6の案では7050列車をイ機関区乗務員aに代わって運転してもらい、乗務員aの担当列車はイ機関区乗務員bに代わってもらうというもので、同じイ機関区の乗務員によって運転列車の交換がなされています。ロ機関区の乗務員dは、他の乗務員が運転する1055列車に便乗(便1055の「便」は便乗を意味します)して移動を行います。これに対して

図7の案は、イ機関区の乗務員cとロ機関区の乗務員dという、異なる機関区の乗務員の間で担当列車を交換することで、運用を変更する乗務員数を少なくしています。しかし、コンピュータでは乗務員の疲労度や、ダイヤ乱れによる現場の混乱度などまで考慮しきれないため、どちらの整理案を採用するかは状況を総合的に見ることのできる運用整理の担当者に判断を委ねます。

さて、全ての列車がいずれかの乗務員の経路に含まれるようにするための方法ですが、列車と乗務員の経路をそれぞれ数理的にモデル化して、数理計画法という手法で、経路につけられた点数の合計が小さい運用整理案を求めます。この手法を用いて、実際の貨物列車のダイヤ・乗務員運用と、ダイヤ乱れの事例を適用し、運用整理案作成の実験を行いました。最も貨物列車の運行本数が多い地域で大きなダイヤ乱れが発生した場合でも、パソコンで十数秒程度にて良い運用整理案が作成できており、正確で迅速な整理がコンピュータで行えることを確認しました³⁾。

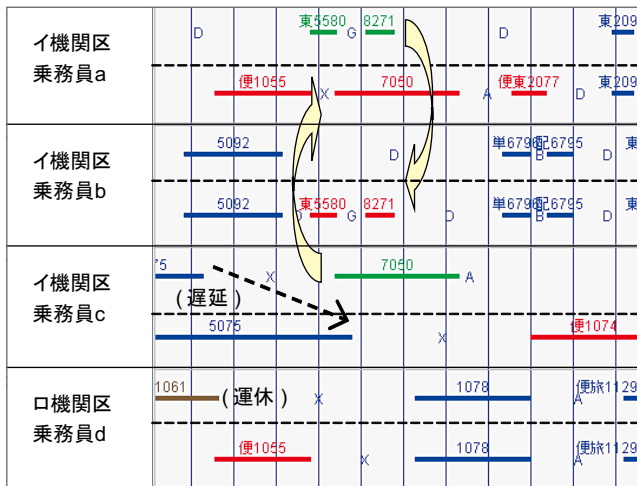


図6 機関区をまたがらない整理案

運用整理の伝達

コンピュータで運用整理を考えるとところまではできましたが、それを確実に実行するには、実際に列車を運転する乗務員に、変更情報を伝える必要があります。現状では運用整理を担当する指令所の指令員が、運用を変更する乗務員ひとりごとに、図8の画面に表示されているような、運

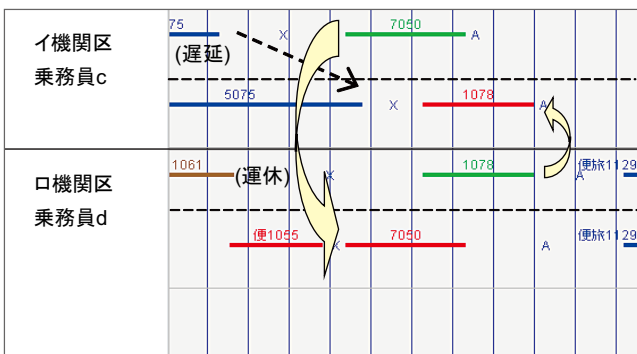


図7 変更乗務員数最小の整理案

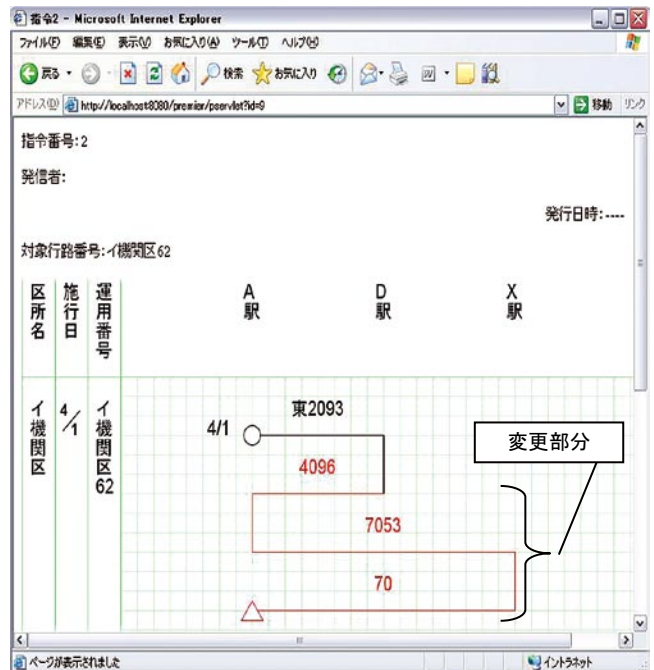


図8 運用整理伝達書面

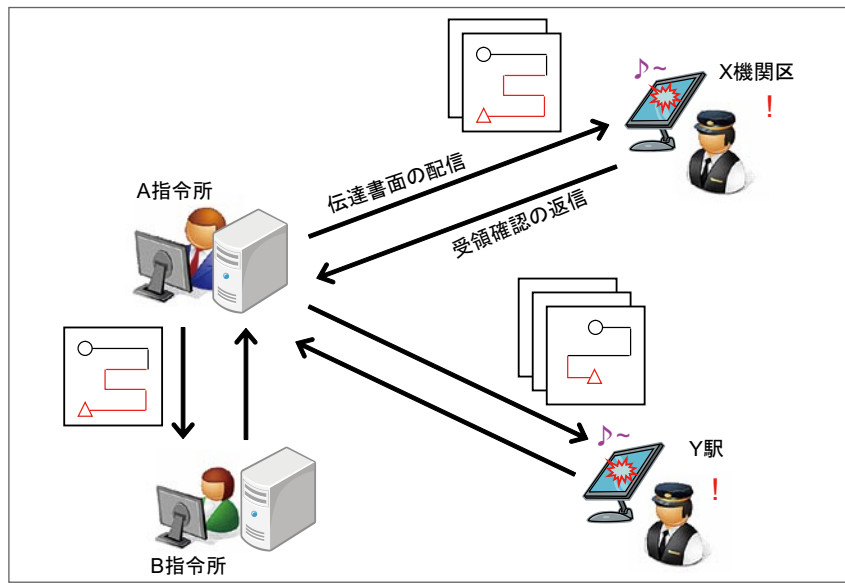


図9 運用整理伝達システムの概要図

転する列車番号と運転開始駅・終了駅の変更をコの字型に描いた専用の書面を、手書きで作成しています。そしてそれをFAXなどにより、その乗務員の出退勤を管理する機関区や、乗務員が現在いる駅、また関係する隣接の指令所に送付します。機関区や駅の担当者は、書面を受領したことを折り返し指令に報告し、また乗務員に書面を手渡します。これによって運用整理の内容が乗務員まで伝わることとなるのですが、大きなダイヤ乱れとなると、この一連の伝達作業にも時間を要することが想像できます。

そこで、さきほどコンピュータで作成した運用整理のデータを、通信回線を利用して瞬時に伝達する、図9のような運用整理伝達システムを開発しました。このシステムはまず、運用整理の答えを分析し、各乗務員に対して、図8の書面を自動で生成します。この書面はブラウザで閲覧でき、そのまま印刷もできます。

指令員が運用整理の伝達を決定すると、この書面が通信回線を通じて機関区や駅、関係する隣接の指令所に配信されます。このとき、書面1枚1枚の内容を考慮して、どこへ配信されるべきかを自動的に判別し、適切な場所にだけ書面を送ります。これにより、伝達先を間違えてしまうことや、無関係な書面まで伝達して混乱させてしまうことを防止できます。

書面が配信されると、隣接指令や機関区・駅のパソコン画面が点滅するなどして、担当者に通知がなされます。担当者は受け取った書面をブラウザ上で確認し、そのまま画面上のボタンをクリックすることにより、受領確認の返信

を指令に送信することができます。このシステムを導入することにより、指令員の書面作成作業にかかる時間の削減と、指令と機関区・駅間の情報伝達のスピードアップ化が可能になります。

おわりに

ここでは貨物列車のダイヤ乱れが発生したときに備え、乗務員運用整理を速やかに行うため、コンピュータによる運用整理案の作成手法と、運用整理書面の関係箇所への伝達手法を紹介しました。実際のダイヤ乱れ時には貨物列車をけん引する機関車についても運用整理が行われるのですが、これについても今回と同様の手法によりコンピュータで整理案を作成する手法を開発しています。

今後は対象を旅客列車に広げ、ダイヤの乱れに応じて正確かつ迅速に運用整理を提案する手法の研究を進めます。

RRR

文献

- 1) 富井規雄：列車ダイヤのひみつー一定時運行のしくみ、成山堂書店、2005
- 2) (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ーコンピュータで運行計画をつくる、エヌ・ティー・エス、2005
- 3) 佐藤圭介、福村直登：貨物列車の乗務員運用整理案作成アルゴリズムの開発、鉄道総研報告、Vol.23、No.6、2009