

鉄道 OR 日誌

八巻 直一

鉄道 OR の中の、解決されていない問題として、列車の入れ替え問題を取りあげ、その紹介と困難な部分を解説する。

キーワード：鉄道，スケジューリング，最適化

鉄道の中にも多くの OR 問題が存在することは、読者諸兄のご明察のとおりです。しかし、これだけ OR の進歩があったにもかかわらず、まだまだ解決困難な課題もあるのです。かくして、鉄道 OR マンは、解きたい問題を日誌につけて来るべきひらめきをひたすら待つのでした。

1. 元旦にて（車庫内の入換の問題）

車庫内の車両の入換は一見単純に動いているように

見えますが、実際は少々ややこしいルールで動いています。図 1 のような車庫で考えてみましょう。

1.1 本線列車のダイヤを優先すること

列車の走っている時間帯でも、車両の交換は発生します。そのとき、車庫に列車が入り出す時間が近接してしまうケースがあります。例えば、出庫車両を A1 番線に、入庫車両を A4 番線にしてしまうとボトルネックになる箇所でもクロスしてしまい、どちらかの列車が遅れてしまう可能性があります。したがって、

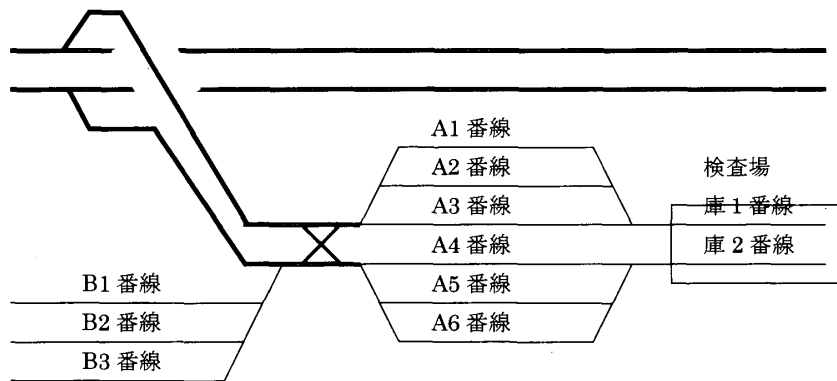


図 1

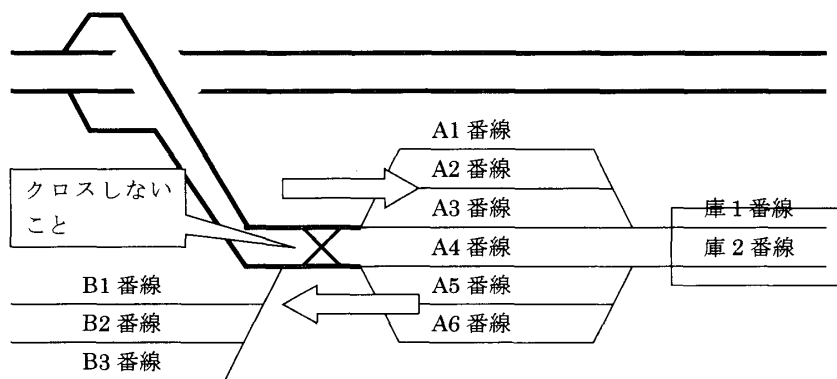


図 2

やまき なおかず
静岡大学 工学部
〒432-8561 浜松市城北 3-5-1

2004 年 1 月号

車庫を出庫車両は A 4~6 番線に、入庫車両を A 1~3 番線に配分するように計画する必要があります (図 2)。

1.2 故障車両をすぐ取り込めるように、予備車両はすぐ出せるように

万一車両故障が起こった場合、直ちに車両を取り込めるように、車庫を開けておく必要があります。また、本線ダイヤを優先する必要があることから、庫 1 番線と A 1~3 番線のどれかは列車が走っている時間帯は空線しておく必要があります。つまり、昼間の定期検査作業は庫 2 番線で行うことが基本となります (図 3)。

1.3 後入れ先出しが基本

車庫の線路の長さよりも短い車両がある場合には、一つの線路に 2 本続けて入れることがあります。そのとき、車両の使う順番を考えて入れないと入換作業が多くなってしまいます (図 4)。

1.4 構内運転士の移動距離を最短に、また複数の運転士がいるときは業務を均等化すること

大抵の鉄道の車庫は、広大な敷地に 100 両単位の車両を滞泊可能なように設計されています。上の例でも 1 両 20 m、10 両編成対応の車庫とすると、車両分だ

けで 600 m 以上、ポイント部分等を加算すると 1000 m 規模になります。このような車庫では構内運転士が検査場から B 3 番線の車両に行くだけで 20 分程度かかります。したがって、入換作業は構内運転士がなるべく運転を担当して移動できるように考慮する必要があります。また、複数の運転士がいるときは、業務 (特に歩いて B 1~3 番線に行き来すること) を均等に分けないと後に不平不満が出ることになります。

以上、車庫内の入換問題を考えるときの基本的なポイントを列挙してみました。本来は車庫内の配置はしっかり将来を見据えて検討すべきものです。しかし既存の車庫は大正●●年創立など歴史のあるものも多く、理想的配置というわけにはいきません。このような複雑な配置の車庫の入換をいかに上手に解くかは、まだ解決されていないのです。

2. 正月 3 日 (災害時などでのダイヤの最適組換えの問題)

いったん決めたダイヤも、災害・事故・故障などで乱れることがあります。こんなとき、いかにして早期にダイヤを復旧するかが問題になります。ここでは、線路配置などの条件が複雑な大都市の JR・私鉄や、

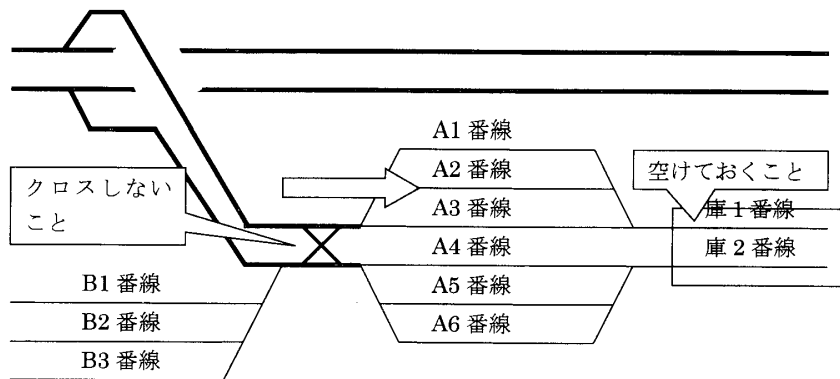


図 3

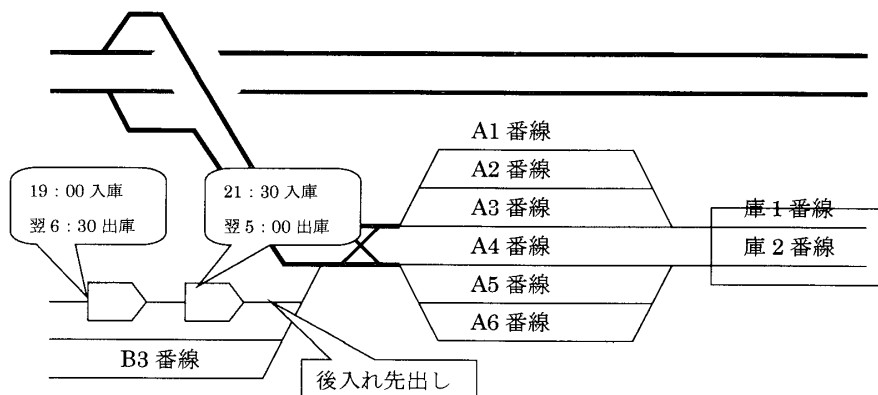


図 4

新幹線等のような複線区間の急行・各駅停車（各停）が混在している路線を例に列車パターンを考えましょう。

2.1 中間駅における急行・各停追い越しの問題

不通区間がようやく運転再開になったとき、沿線各駅にはお客様が列車を待っています。

そのとき、急行と各停のどちらを優先してダイヤを復旧させるかが問題になります。急行を優先して各停を多数追い越してしまうと、後ろで各停がダンゴ状態

になってしまい、その後から来る急行が追い越しできなくなります（図5）。

また、各停を先に出してしまうと急行が後ろで待つことになるため、急行を先に出したときと同じ状況になります（図6）。

つまり、遅れたら遅れたなりに元のダイヤに近い順番で運転を確保しながら、短時間に元通りのダイヤに戻すことを考えることになります（図7）。

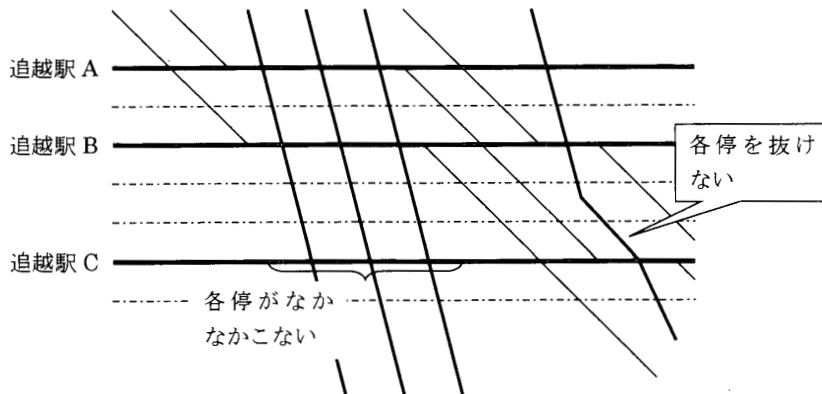


図5

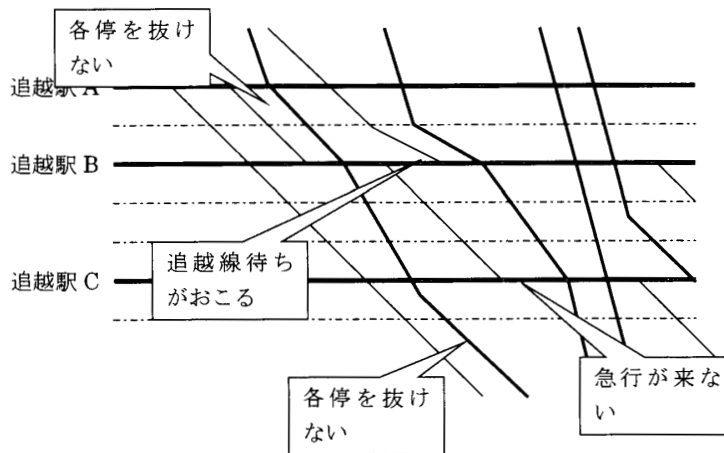


図6

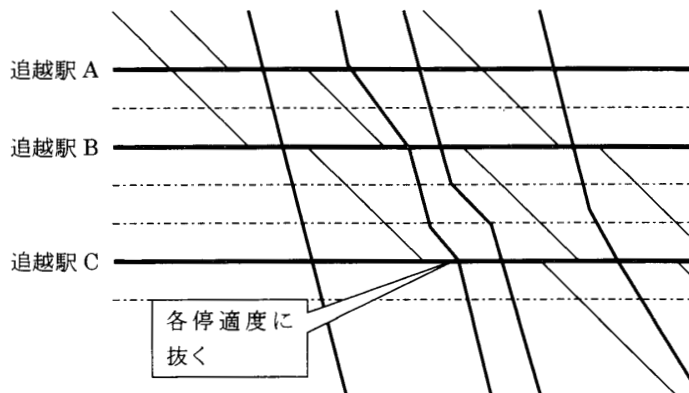


図7

2.2 ターミナル駅での折返の問題

不通だった区間を抜けてくる列車が遅れるのは仕方ありませんが、折返列車まで遅れると永遠に遅れは取り戻せないことになります。そこで、できる限り折返列車は定時で出発するように運転整理を考えることになります。ここでは、定時で出発させるやり方と各々の課題について考えてみたいと思います。

① 予備車両を車庫から出して差し替えてしまう

折返に使用する列車が遅れているので、車庫に代替車両があればそれと差し替えてしまうというのが手っ取り早い遅れ解消方法です（図8）。

ただし、この方法を取るには前もって十分な時間が

必要です。そもそも、鉄道はその都度関係係員（運転士、車掌、駅信号操作係、車両保守担当）に指示を出していたら指示だらけになって円滑な運転ができないので、あらかじめ時刻（ダイヤ）、全てのホーム（番線）、車両使用する順序（車両運用）、各運転士・車掌が担当する列車（行路）を計画して決めておきます。当日は計画から変更があったときのみ変更部分を伝達する仕組みをとっています。つまり、予備車両を使うということは計画を変更することですから、各種の確認や手配を伴うことになります。

まず、予備車両は使用しても検査のための制限キロ、検査日数を超えてないことをチェックし、予備の運転

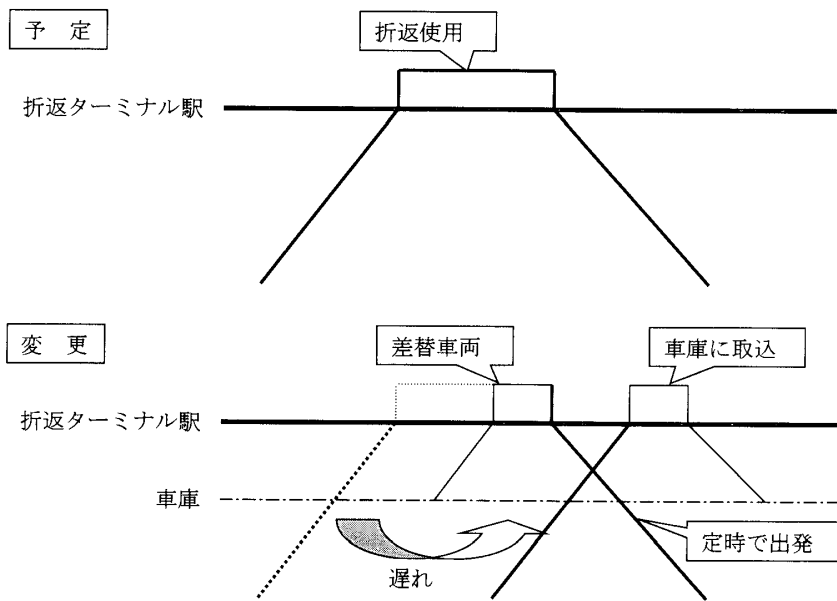


図8

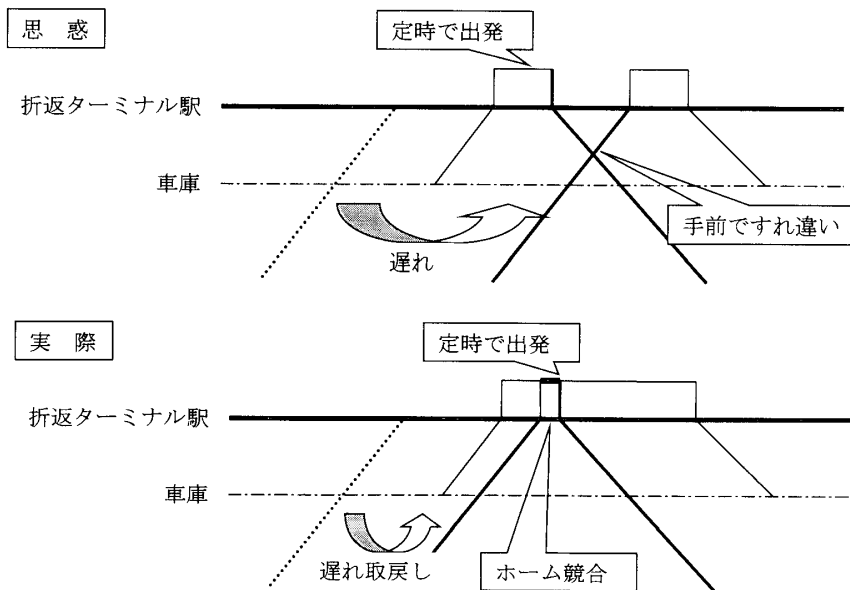


図9

士を手配することになります。そして運転士に行路変更表を作成して手渡し、運転士が車庫内を移動して当該車両に乗り込んで点検を行い、始発駅まで電車を移動させることになります。これにはどうしても1時間はかかります。

また、この方法がうまく実現するには、到着列車が予定通り遅れてくれることが必要になります。つまり、到着列車が予定より早く到着してしまうと定時で発車する予定の始発列車がまだ出発しておらず、ホームが空くのを待ってしまう状態になります(図9)。

再変更をして元に戻すことも考えられますが、車庫内で車両点検を行っている運転士や、次の列車に乗務するために駅構内を移動している運転士に変更の連絡をすることはかなり手間のかかることです。近年は緊急連絡用に携帯電話を配布している会社もあるようですが、たまたま圏外の場所で作業を行っていたり、回線輻輳時には結局連絡が付きません。

したがって再変更の手続きができそうもないときは、

到着列車のお客様には大変申し訳ないのですが、到着列車をわざと遅らせてホーム競合が起こらないようにします(図10)。

② 折返列車の組み合わせを変更する

到着列車が順々に遅れているのなら、折返使用を順々に組み替えれば予備車両を使用することなく元に戻ることになります(図11)。

この方法にもいくつかの問題があります。まず、折返する車両タイプおよび出発ホームをできる限り同じものにする必要があります。違うタイプのものになると車両数やドアの位置が異なったり、出発ホームが変わってしまうと、あらかじめ並んで待っていたお客様にご迷惑をかけることになります。

折返車両の手配がついても運転士と車掌の手配が必要になります。この運転士と車掌が始発駅から本日の乗務開始であればよいのですが、到着列車からの折返乗務だとその列車の到着如何では車両だけがホームに待つことになるので、運転士・車掌の動向も把握して

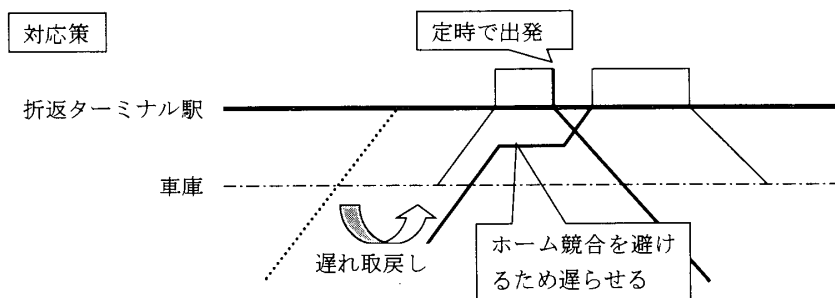


図 10

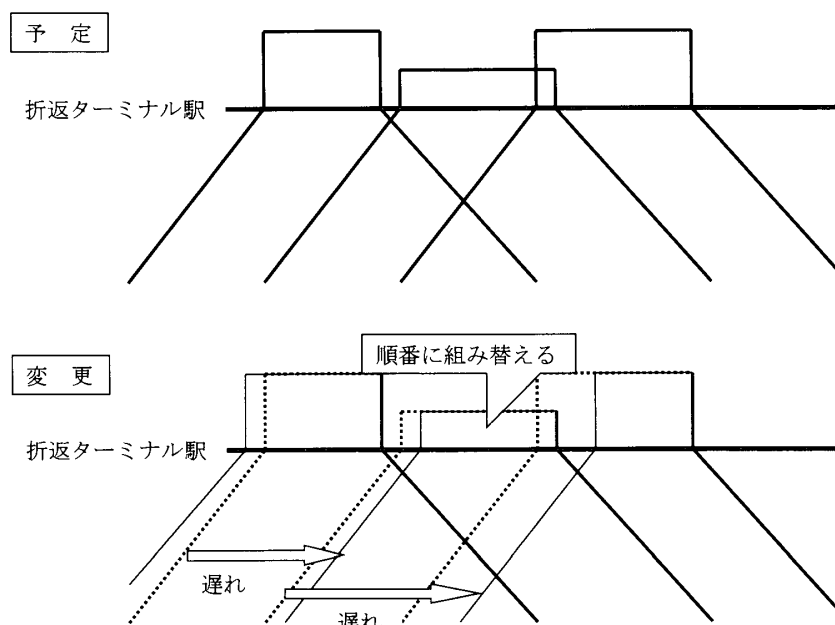


図 11

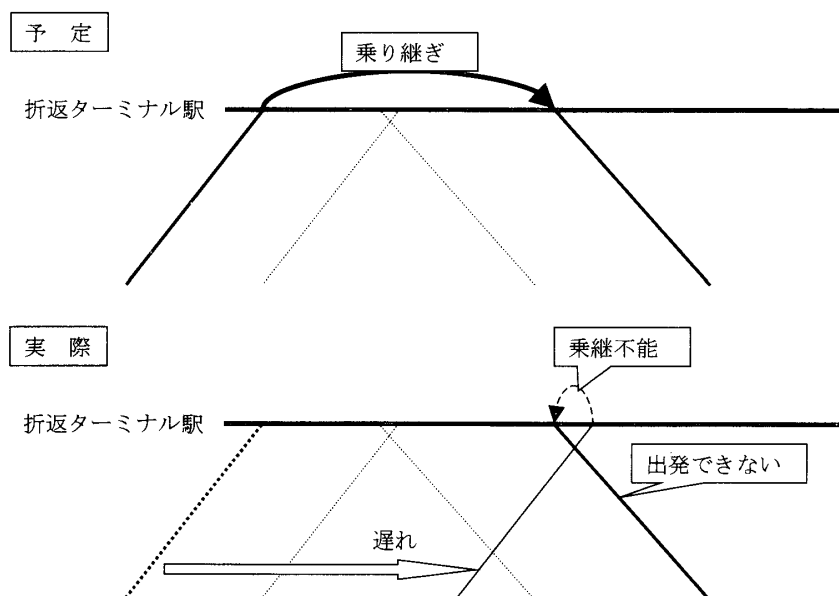


図 12

運転整理をする必要があります (図 12)。

なお、運転士、車掌は生身の人間であるため、いくらダイヤ乱れといえども何十時間も連続で乗務させることはできません。最低数時間に1回はトイレタイム、軽食タイムを用意する必要もあります。つまり、災害時などでのダイヤの最適組換えの問題は、中間駅での急行、各停の混ぜ具合を最適にし、折返ターミナル駅での制約（ホーム、車両タイプ、運転士、車掌手配）を考慮して折返列車の定時発車を実現することにほかなりません。しかし、机上で問題が解けたとしてもそこには「現場」があり、お客様の「理解と協力」が得

られるしかけが必要です。余談ではありますが、ダイヤが乱れているときに、これから運転するために移動中の運転士をつかまえて、お客様が「なぜこの列車はいつまでたっても出発しないのか」と取り囲んだため、いつまでたっても列車が出発できなかったというエピソードもあります。ダイヤ組み換え問題の最大の難しさはそこにあるような気がします。

最後に、本稿を執筆するにあたってはJR東海の鈴木研也氏から、そのほとんどを学ばせていただきましたことを感謝いたします。