

鉄道における車両運用計画

飯田 治

1. はじめに

JRをはじめ鉄道事業を行なう各会社においては、お客様のニーズに合わせて輸送改善（ダイヤ改正）を頻繁に実施している。新しいダイヤがスタートする前の計画段階では、輸送需要予測にもとづき輸送担当者が作成した列車ダイヤ案から運用担当者が車両運用案・乗務員運用案を作成している。案ダイヤから最終的な実施ダイヤになるまでには、列車の着発時刻、運転本数・間隔、車両形式など各種の検討を加え修正を重ね、何度も作成し直しているのが現状である。その検討段階で、列車本数がたとえ1本でも増減するような場合はもちろん、列車の着発時刻がわずかに変わるだけでも作業は白紙に戻ることもある。

列車ダイヤが定められたとき、これに使用する車両の運用を合理的・経済的に定めることは、その輸送量に対する輸送力を効率的なものとするために必要不可欠なことである。そして、合理的・経済的な車両運用計画により保有車両を少なくすることは、車両および基地設備への投資を少なくするだけでなく、修繕費・人件費など経費の節減ともなり、鉄道経営に及ぼす効果は大きい。

この車両運用の作成作業は、従来から経験を積んだベテラン担当者が多くの時間と労力を費やして行なっている業務の1つである。現在、ダイヤ改正周期の短縮化や車種の多様化などにより彼らの業務量は飛躍的に増加しており、迅速・的確に業務の遂行を支援することができるシステムへの要求が高まっている。

本稿では当社における鉄道輸送計画の中で、車両運用を作成する時の考え方と実際の作業、そしてシステム化の取り組みについて述べる。

2. 輸送計画における車両運用の位置づけ

輸送改善（ダイヤ改正）を行なう要素には次のような

いいだ おさむ

西日本旅客鉄道㈱ 鉄道本部 運輸部運用課

〒530 大阪市北区芝田2-4-24

ものがある。

(1)外部要素

輸送需要（お客様のご利用状況）の変化
新線・新駅の開業
使用車種の変化（新車の導入、旧式車の廃車など）
直通運転・接続改善などサービス向上
お客様の要望の実現

(2)内部要素

組織改正（基地の統廃合など）
要員構成の変化（ワンマン列車の導入、合理化の実施など）
検査・清掃周期の見直し
車両運用を策定するまでのフローを図1に示す。

3. 車両運用計画の特徴

主要幹線にあたっては列車本数、列車の種類ともに非常に多く、その使命も多様であり、車両運用は車種・線区により多種多様の形態をとっている。車両運用を作成する上ではこれら多くの条件を考慮する必要がある。

3.1 運用作成の条件

(1)着発車両数の一致

駅に着発する車両数を1日単位で着目した時、到着車両数と出発車両数は等しくなければならない。等しくないときは回送列車の設定などの計画を必要とする。

(2)接続時間

車両の充当がある列車から他の列車につながる際には一定の時間が必要であり、これを最小接続時間という。ここでは両列車の進行方向が変わらない場合を最小順方向接続時間、進行方向が変わる場合を最小逆方向接続時間（または最小折り返し時分）と呼ぶ。最小折り返し時分は主に運転関係の機器整備や乗務員の運転台交換に必要な時間である。

(3)検査条件

車両は一定の周期内に検査設備および要員のある場所で所定の検査を受けなければならない。一般に電車運用の場合、運用の間合いに車両の検査や清掃を実施できるような運用を組み立てている。

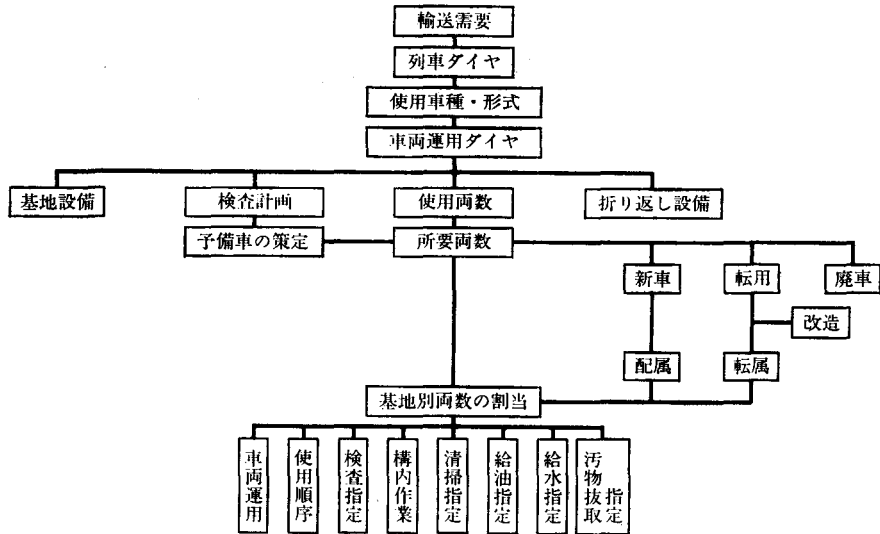


図 1 車両運用作成の流れ

(4)車両形式による制限

性能の似かよった車両形式を1つのグループとして運用作成を行なうが、その際、車両性能上の条件および車両構造上の条件から形式の異なる車両の連結制限や入線できない区間の制限などを考慮しなければならない。

(5)回帰日数の制限

故障時の車両交換、走行日数や走行キロ管理の面から車両が所属区所を出区してから入区するまでの時間(日数)には制約がある。

(6)区所の保有車両数

区所での収容設備、検査設備・要員の関係から区所で保有できる車両数には限度がある。

3.2 車種による運用の特徴

(1)通勤用電車

通勤用電車の使用両数は最大混雑時間帯の最大混雑区間の平均乗車率を何%にするかによってほぼ決定する。この車両を効率よく使用するため運用区間内において大きな輸送量段差がある場合には基本編成と付属領域に分け、途中の駅で分割・併結を行なうなど輸送量と輸送力のバランスをとった運用形態とする。また昼間時間帯の輸送需要は大きく減少するので、多くの車両編成を区所に取り込み、この間合いを利用して交番検査・仕様検査などの各種検査や車両清掃などを行なう場合が多い。

(2)長距離用電車

時間帯別の輸送量の変化がそれほど大きくなく、区間による変動も比較的小さいので固定編成で運用することが多い。多客期(年末年始、ゴールデンウィーク、盆な

ど)には臨時列車の運転や車両の増結で対応しており、これらを考慮して使用車両数を決定する。

通勤用電車と異なる点は、折り返し駅において接客設備の整備にある程度の時間を必要とすることである。場合によっては、旅客サービスに支障を及ぼさない範囲で時刻の繰り上げ・繰り下げ、または始発・終着駅の見直しなど、車両運用計画サイドからダイヤの修正を行なうなどフィードバックをすることもある。

4. 車両運用作成

4.1 FIFOとLIFO

ある車列ダイヤに対し車両を作成する場合、必要な車両数を最小にすることができるアルゴリズムについての研究は古くからあり(参考文献[1]参照)、その中で代表的なものに、FIFO(First In First Out)とLIFO手法(Last In First Out)手法がある。

FIFO手法は、ある駅から出発する列車に充当する車両はその時に滞留している車両群の中から最も早くその駅に到着した車両を使用し、順次その規制に従い折り返し列車を決定していくものである。過去幾多の研究の中で、最小両数(編成数)で運用ループを構成することが可能な手法として数学的にも証明されている。

一方LIFO手法は、ある駅から出発する列車に充当する車両はその時に滞留している車両群の中から最も遅くその駅に到着した車両を使用し、順次その規則に従い折り返し列車を決定していくものである。

たとえば図2のような列車ダイヤに対し、FIFO手

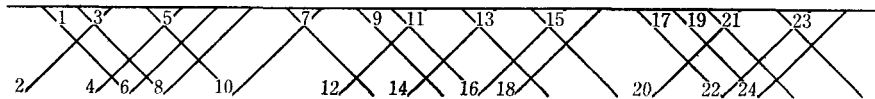


図 2 列車ダイヤの例

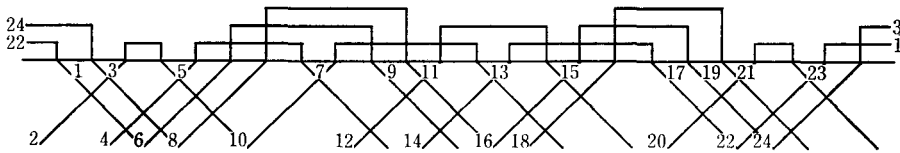


図 3 FIFOによる運用

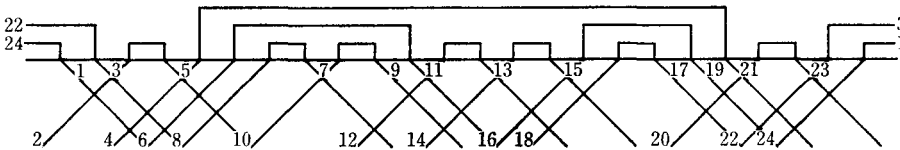


図 4 LIFOによる運用

法で運用を作成すると図3のようになり、この駅における最大滞留数は3、夜間滞泊数は2となる。

また、図2のダイヤにLIFO手法で運用を作成したものが図4である。図3の場合と同様最大滞留数は3、夜間滞泊数は2となっている。

FIFO手法により折り返し列車対（以下本稿では、着列車とその折り返しに充当する発列車の組合せを列車対という）を決定していくと、図3から明らかなように折り返し間合い時間が各折り返し列車対に平均的に分散することとなる。これは列車本数が比較的少なくなかつ各折り返し間合いに接客設備に対する給水などの作業時間が必要な特急・急行などの優等列車には非常に有効であるだけでなく、着列車に多少遅延が生じた場合でもその折り返し列車に波及することが少ない。

一方LIFO手法により折り返し列車対を決定していくと、図4から明らかなように最小折り返し時分を満足した短い時分での折り返し列車対を多く作成する反面、可能な限り長い時分での折り返し列車対を作成している。これは検査・清掃などを行わず次々折り返して運用させるものと、検査・清掃などを行なうために可能な限り時間を確保して運用させるものとが共存した形となっている。折り返し間合い時間の長い列車対を作成することから、各種の検査・清掃を行なうチャンスが増加するだけでなく、この駅での折り返し可能な着発線数が最大滞留数より少ない場合、出入区（引き上げ線移動）回数を減らすことが可能となり、設備使用条件からも実施に合致した運用を作成することが可能となる。ただし、FIFO手法とは逆に、折り返し時分の短い折り返し列

車対が多く存在するため、着列車に遅延が生じた場合その折り返し列車に波及することが少なくない。

ただ上述したFIFO手法・LIFO手法ともそのままでは、ラッシュ線区の車両運用をはじめ実態に合致した運用を作成するには適切とはいえない。

ラッシュ線区の運用では、車両の使用ピークは朝のラッシュ時間帯であり、その時間帯では折り返しに時間をかけず、必要な最小折り返し時分を満足している折り返し列車に次々と折り返して運用し、逆に昼間時間帯には可能な限り折り返し時間を確保し、その間に各種の検査・清掃などを行なう。つまり、この段階まではLIFO手法がそのまま適用可能である。その後、LIFO手法により作成した運用のうち、設備容量（折り返し着発線数・引き上げ線数など）が許容する範囲内で長い折り返し時間となった列車対に対し、FIFO手法による折り返しに変更し、折り返し時間に余裕をもたせる。

この手法により、図2のダイヤに運用を作成したものが図5である（この駅の折り返し可能な着発線数を2本とした場合）。図3、図4の場合と同様、最大滞留数は3、夜間滞泊数は2となっている。

このような折り返し方法で運用を作成していくこと、駅における制約が非常に少ない運用を作成することができる。ただ、実際の運用作成場面では、車両基地（区所）における検査・清掃や留置を行なうための構内作業（基地内の転線作業）なども考慮する必要がある、このあたりの問題をいかにクリアするかが運用作成担当者の腕の見せどころともいえる。

4.2 横棒作成と検査・清掃指定

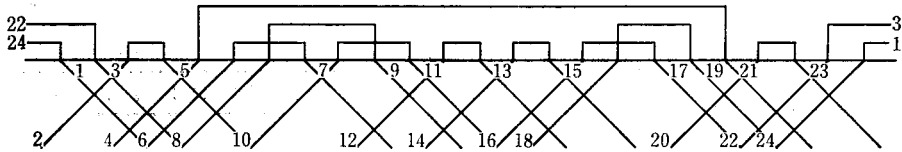


図 5 実際に近い運用

このようにして、各駅の折り返し列車対が決まると、次に図 6 上段に示す車両使用順序表（通常、横棒と呼んでいるため本稿でも以下横棒という）を作成する作業にはいる。この横棒という帳票は、ひとつの車両（編成）が充当している列車と走行区間を朝の始まりから時間を追ってその日の終わりまで順次 1 行に記述したもので、車両の動きを時間と場所の両面から読みとることができるだけでなく、この横棒の本数（行数）が必要な車両（編成）数となっているなど、運用状態の全体を把握する上で非常に有益なものである。しかし、横棒作成作業には細心の注意が必要で、運用作成作業の中でも非常に時間のかかる作業となっている。

滞留状態の調整や、検査・清掃の指定作業などもこの横棒帳票の上で検討している。指定する検査・清掃の種類と帳票での記号は、
 交番検査⊗、仕業検査Ⓞ、月清掃Ⓜ、中清掃Ⓝ、外部洗浄Ⓧ、毎日清掃Ⓠ、折り返し清掃Ⓡ

となっており、次に述べる箱ダイヤでの表示も同じ記号を使用する。

4.3 箱ダイヤの作成

以上述べたようにして作成した車両運用は、最終的には図 6 下段に示す車両運行情路表（通常、箱ダイヤと呼んでいるため本稿でも以下箱ダイヤという）という帳票に書き表わす。

横棒は運転・車両の関係者には解りやすい車両を単位にした帳票であるが、駅を単位とした帳票も駅関係者には必要なものである。横棒作成の場合と同様、箱ダイヤの作成も注意力と時間の必要な作業である。

5. システム化の取り組み

これまで述べたような考え方で、車両運用作成作業を行なっているが、1 回の作業で車両運用が確定することは希である。実際のダイヤ改正作業の中では、列車の着発時刻、運転区間・間隔、使用車両の形式などいろいろな検討・修正を行なっている。そのため、列車の運転本数が増減するような場合はもちろん、着発時刻がほんのわずかわるだけで、この運用作成作業を最初からやり

直す場合が多くあり、担当者の大きな負担となっている。

そこで当社では、FIFO や LIFO などのルールで単純に折り返しを決定できる場面などは自動的に運用を決め、特殊な判断を必要とするような例外的部分は担当者が個別に指定しながら運用を作成していくことができるシステムを開発している。

現在、パソコン(NEC の 9800 シリーズ)を使用して特定の線区の運用作成を行なうことができるシステムを開発し、実際の使用によりシステムの機能や操作性を検証しつつ、機能と操作性の向上を図っている。

1 つのダイヤに対し、100 点満点の運用というものを評価することが困難な分野でのシステム化ということであり、完全な自動化という狙いではなく、マン・マシンシステムとして操作性の向上にかなりのウエイトをかけている。図 7 に当システムで作成した横棒、箱ダイヤを示す。図 6 の手書きのものに比べ、作成に必要な時間は 10 分の 1 程度となった。

6. 今後の課題

近年、社会全般に業務の O A 化が進んでいるが、鉄道事業の輸送関係業務の中にはまだまだベテラン担当者の手作業により行なっている部分が多く残っており、近代化から取り残された感さえある。これまで述べたようにその業務を支援することができるツールを開発・導入していくことで近代化を図り、さらにダイヤ作成から車両運用作成そして乗務員運用作成など輸送業務全般にかかわるトータルなシステムとして稼働させ、迅速・円滑に業務を遂行することができる環境を育てていくべきと考えている。

7. おわりに

以上、鉄道における車両運用の作成について現状を述べた。いわゆる「1 + 1 = 2」的な作業の積み重ねでは解決しない要素を含んでいることが多いため、職人気質のような技量が必要な場面もあることをご理解いただければ幸いである。

なお、このシステム開発には鈿鉄道総合技術研究所の

別表第3 (第5条)
区所名 明石電車区
車種 EC
組 1

車両運用表 (車両使用順序表)
(大都市通勤電車区間)

平成 4 年 3 月 14 日改正
形式 201・205系
編成 TcMMTMMTc'

仕業番号	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	走行キロ
1																										167.3
2																										768.6
3																										802.5
4																										417.0
5																										680.9

(第5条)
区所名 明石電車区
車種 EC
組 1

車両運用表 (車両運用行路表)

平成 4 年 3 月 14 日改正
形式 205, 201系
編成 TcMMTMMTc'

仕業番号	京 都	高 槻	大 阪	甲 子 園 口	西 明 石	列車 種 別	列車 キ ロ	走 行 キ ロ	車 両 キ ロ				使用時間			
									自 社 線	他 社 線	合 計	運 転	折 返 し	合 計		
1						普	167.3	167.3	1171.1				1171.1			
						回										
						計	167.3	167.3	1171.1				1171.1			

図 6 従来の手書きによる横棒と箱ダイヤ

吉川研究室ならびに野末研究室の皆様にご多大なご協力を
いただいている。関係者の皆様へ深く感謝いたします。

参 考 文 献

- [1] 飯田善久, 大川水澄: 車両運用計画作成の自動化,
日本国有鉄道, 鉄道技術研究所鉄道技術報告No. 1101
1978年12月

- [2] 飯田治, 山下修: 車両運用作成支援システム, 日
本鉄道サイバネティクス協議会第26回論文集, 1990年
2月

別表第3 (第5条)
区所名 明石電車区
車種 EC
組 1

車両運用表 (車両使用順序表)
(大都市通勤電車区間)

平成 5 年 3 月 18 日改正
形式 201・205系
編成 TcMMTMMTc'

仕業番号	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	走行キロ
1																										167.3
2																										811.8
3																										802.5
4																										197.4
5																										725.4 (22.8)
6																										757.5

別表第1 (第5条)
区所名 明石電車区
車種 EC
組 1

車両運用表 (車両運用行路表)

平成 5 年 3 月 18 日改正
形式 201・205系
編成 TcMMTMMTc'

仕業番号	京 都	大 阪	甲 子 園 口	西 明 石	列車 種 別	列車 キ ロ	走 行 キ ロ	車 両 キ ロ				使用時間			
								自 社 線	他 社 線	合 計	運 転	折 返 し	合 計		
1					普	167.3	167.3	1,171.1				1,171.1			
					回										
					計	167.3	167.3	1,171.1				1,171.1			

図 7 当システムによる横棒と箱ダイヤ