

Ⅳ-377 中国の高速鉄道における車両運用計画効率化のための基礎的研究

北方交通大学交通学院	正会員	趙 鵬
広島大学大学院国際協力研究科	正会員	杉恵頼寧
広島大学大学院国際協力研究科	正会員	藤原章正
広島大学大学院国際協力研究科	正会員	岡村敏之

1. はじめに

日本やフランスなどの高速鉄道建設の成功を受け、多くの国は高速鉄道の建設を目指している。中国においても長年の考察や研究などを経て北京から上海まで高速鉄道を建設する条件がそろい、最高速度が 350km/h（供用初期においては 250km/h）の高速鉄道が計画されている。この高速鉄道の目的は、旅客輸送の品質を向上させること、および客貨を分離することで在来線の貨物列車の容量を拡大すること、である。中国の高速鉄道計画の特徴は以下の通りである。

- ①現在の計画では、北京・上海間を同時開業させることとなっている。これは一度に建設される高速鉄道としては世界最長（約 1300 キロ）である。
- ②高速鉄道には専用の旅客列車のみが運行される。ただし、在来線直通車両と高速鉄道線内専用車両とでは最高速度が大きく異なる（当面はそれぞれ 140 km/h, 250km/h）。
- ③駅間距離が長いので、大きく速度の異なる列車を運行するためには、ダイヤ編成や車両運用計画、運行管理などに工夫を要する。

中国における高速鉄道に対する研究は、日本やフランスなどの経験と方法を参考して非常に盛んに行なわれている。それらのなかで運行計画に関する研究のうち、効率的なダイヤ作成方法や、在来線と高速鉄道との統一的な運行管理方法などの研究は進んでいるが、一方で、車両運用に関する研究は少ない。高速鉄道車両は値段が非常に高く、少ない車両を効率的に運用する方式を研究する必要性が高い。そこで本研究では、北京から上海までの高速鉄道を対象として、車両の運用に関する問題点について検討を行うことを目的とする。

る。

2. 車両運用方式と最適運用モデル

2.1 車両運用方式

現在中国では「固定区間運用方式」を採用している。しかし、この方式を高速鉄道に採用するには多くの問題点がある（文献 1）。「固定運用方式」の場合、車両の稼働率が低くなり運用が非効率になる。さらに車両検修工場が北京と上海のみに置かれる計画であるので、例えば済南～徐州間の区間列車を「固定運用方式」で運用すれば、それらの車両を検修する際には北京または上海まで回送せねばならず、運用がさらに非効率になる。そこで、筆者らは車両の運用区間を固定化しない方式（「非固定運用方式」）を提案している（文献 2）。図 1 に示すような仮想ダイヤ上で、「非固定運用方式」では、駅 1 を運行線 1 で出発する車両は、例えば 1→3→4→6→9 や 1→5→2→7 のように区間を限定せずに運用する。このとき車両の運用計画は、ダイヤを所与として検修周期と検修工場の位置によって決まる。

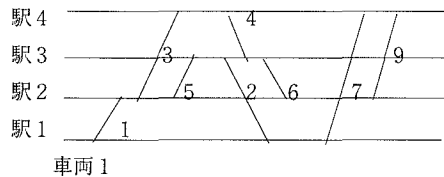


図 1 「非固定運用方式」の概念図

2.2 車両最適運用モデル

非固定の車両運用方式を基づいて、車両最適運用モ

キーワード：車両運用計画 最適化

連絡先：739-8529 広島県東広島市鏡山 1-5-1 広島大学大学院国際協力研究科 FAX:0824-24-6922

デルを構築する．ここで最適運用とは，高速鉄道を一つのシステムと見なして，全車両の非運用時間の総和を最小化することである．すなわち，車両の運用率が最も高いことを意味する．以下で，最適運用モデルの定式化を行う．

t_{ik} を車両が運行線 k を利用して駅 i に到着する時刻(分)とし， t_{il} を車両が運行線 l を利用して駅 i を出発する時刻(分)とする． $t_{il} - t_{ik} \geq T_s$ を満たすとき (T_s : 最小折返時間 (分))，車両は運行線 k を利用して駅 i に到着した後，運行線 l を利用して駅 i を出発することができる． $t_{il} - t_{ik} < T_s$ となるときは，翌日以降の運行線 l を利用して駅 i を出発することができる．このような最適問題は以下に示す配分モデルで表現することができる．配分コストを C_{kl} で表わすすると，

$$\text{Min } Z^i = \sum_{k=1}^{M_{ii}} \sum_{l=1}^{M_{io}} C_{kl} x_{kl} \quad (i=1, \dots, M) \quad (1)$$

$$\begin{cases} C_{kl} = t_{il} - t_{ik} & \text{if } t_{il} - t_{ik} \geq T_s \\ C_{kl} = 1440 + (t_{il} - t_{ik}) & \text{if } t_{il} - t_{ik} < T_s \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{M_{ii}} x_{kl} = 1 \quad \forall l = 1, \dots, M_{io} \quad (3)$$

$$\sum_{l=1}^{M_{io}} x_{kl} = 1 \quad \forall k = 1, \dots, M_{ii} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_{kl} = 0 & \text{if } il \text{ の後は } ik \text{ ではない} \\ x_{kl} = 1 & \text{if } il \text{ の後は } ik \text{ である} \end{cases} \quad (5)$$

ただし， M は駅数， M_{ii} は駅 i に到着する運行線の数， M_{io} は駅 i を出発する運行線の数である．駅 i は他の駅から影響を受けないので，どの駅を表現するモデルでも最適解は Hungary アルゴリズムで計算できる．

車両が最適に運用されるときの一泊あたり編成数 ZS は

$$ZS = \left(\sum_{i=1}^N (t_{ii} - t_{io}) + \sum_{i=1}^M z^i \right) / 1440 \quad (6)$$

である．

ただし， N は全ての運行線の数， t_{ii} ， t_{io} は運行線 i の到着時刻(分)と出発時刻(分)， z^i は最適運用時，駅 i における一日あたりの列車の総停車時間(分)である．

2.3 車両運用シミュレーションシステム

式 (1) のモデルは車両の検修時間を考慮していない場合の最適モデルである．しかしモデルを実用化す

る際には，車両の検修を同時に考慮する車両最適運用モデルを作る必要がある．この場合，数式によって厳密解を求めるのは煩雑なので，ここではシミュレーションシステムを開発した(文献1)．このシステムは以下の特徴を有する．①車両検修の種類と検修の条件などを表現できる．②検修を受ける車両と受けない車両とを識別できる．③検修工場までの運行線を選択できる．④検修工場の検修の能力を考慮できる．このシステムによって車両運用が最適となる「車両運用計画」と「車両検修計画」を同時に決定することができる．

3. シミュレーションシステムの適用例

以下の条件を基づいて，高速鉄道の仮想的ダイヤを設定し，このダイヤに本システムを適用した．

駅数：11，列車本数：108 往復，最小列車間隔：4分，駅停車時間：3分，駅停車時の加減速に要する時間：2分，列車最高速度：250km/h，夜間の保守間合：6時間，最小折返時間：30分．

各種検修における諸条件は以下のように設定する．

検修レベル1；2000 km 毎，検修所要時間：1時間

検修レベル2；12000 km 毎，検修所要時間：2時間

検修レベル3；60000 km 毎，検修所要時間：8時間

車両運用と車両検修をシミュレーションした結果，「固定運用方式」の場合の必要編成数は102編成で，「非固定運用方式」の場合は78編成となった．以上より，「非固定運用方式」の導入により大幅に車両運用を効率化できることが明らかとなり，今後の中国の高速鉄道における車両運用計画の立案に有用と考えられる．

4. おわりに

以上で，車両の最適運用方式に関する理論考察を行った．現在中国ではまだ高速鉄道の詳しい技術条件や車両の種類が決定されていない．高速鉄道を開業時まで，現在の研究をどのように実際に適用するかが重要な課題である．

参考文献

- 趙鵬：高速鉄道の車両と乗務員の運用に対する研究（中国語），北方交通大学博士論文，1998
- 趙鵬 他：高速鉄道車両が非固定運用方式に対する研究（中国語），鉄道学報，1997, Vol.19, No.2