

車両検査スケジュール改善のためのアルゴリズムとその評価

浜口 和也[†] 又多 啓之[‡] 白石 規哲[‡] 花岡 俊樹[‡] 菱山 玲子[‡]
早稲田大学[†] 日本貨物鉄道株式会社[‡]

1 はじめに

配送におけるスケジューリング問題のほとんどは配送経路を構築する際に用いられており、人や車の動きを決定するものである [1]。しかし、運行ダイヤが決められている場合、簡単に配送経路を変更することはできない。また、車両は定期的に検査する必要があるが、既存のスケジューリング手法は検査のタイミングが考えられていない。よって本研究では、定期検査のタイミングを考慮することにより配送経路を変えることなく効率的に配送するためのアルゴリズムを提案する。

2 Vehicle Inspection Problem

2.1 車両の検査

運行経路を変更せずに使用する車両の数を減らすには、各々の車両をできる限り有効活用するべきであるが、車両は安全に使用するために定期的に検査を行う必要がある。検査はそれぞれ期限が決まっており、その期限を超える前に検査を行わなければならない。車両の検査場は 1 日に検査できる車両数に限界があり、検査の必要がある車両すべてをすぐに検査できるとは限らない。検査を終えるまではその車両を使用することはできないため、代替りの車両を予備として置いておく必要がある。予備車両を多く所有すれば、車両の検査に時間がかかっても問題ないが、普段は使われない予備車両を多数保有すると必要以上にコストがかかってしまうため、予備車両は必要最小限にするのが望ましい。

2.2 定式化

本研究の目標は、予備車両数を最小化することである。しかし、必要な車両数が足りなくなることは許されない。よって、不足車両数が 0 となるための最低予備車両数を算出し、その値を最小化することを目的とする。不足車両数を計算すると以下ようになる。

$$L_{it} = IN_{it} + WN_{it} - S_i$$

L_{it} : 地区 i の t 期の不足車両数

IN_{it} : 地区 i の検査場で t 期に検査を行う車両数

WN_{it} : 地区 i で t 期に検査待ちとなっている車両数

S_i : 地区 i の予備車両数

よって、以下のように定式化できる。制約条件は、車両は検査期限を過ぎると使用できなくなること、検査を行うと前回検査日からの経過日数が 0 となること、検査場の能力を超える車両は検査を行うことができないことである。

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^P S_i = \sum_{i=1}^P (IN_{it} + WN_{it}) \\ \text{s.t.} \quad & ID_{jt} - FD_j \leq M \quad (U_{jt} = 1 \rightarrow ID_{jt} \leq FD_j) \\ & ID_{jt} = \{1 - I_{j(t-1)}\} ID_{j(t-1)} + 1 \\ & IN_{it} \leq A_i \end{aligned}$$

P : 地区の数

ID_{jt} : 車両 j の前回検査日から t 期までの経過日数

FD_j : 車両 j の検査期日

M : $ID_{jt} - FD_j$ の上界値

U_{jt} : 0-1 変数 (車両 j が t 期に使用可か不可か)

I_{jt} : 0-1 変数 (車両 j が t 期に検査を行うか否か)

A_i : 地区 i にある検査場の能力

2.3 鉄道貨物輸送における実例

本研究では、鉄道貨物輸送における貨車の動きを取り上げる。日本貨物鉄道株式会社 (以下、同社とする) では、貨車の動きを決定する運用というものを決めている。運用とは、ある駅を出発したあと何駅か通り、再びもとの駅に戻るといった動きをすることである。貨車はこの運用に従って使用されている。また、貨車は、安全のために定期的に検査する必要がある。貨車の検査を行う場所を検修区という。検査の種類としては、交番検査 (以下、交検) と呼ばれる 90 日ごとに貨車を検査する作業があり、法律で義務化されている。同社では、安全な輸送を最優先し、法律よりも 5 日短い 85 日ごとの検査を義務付けている。その他にもより大がかりな検査が行われているが、頻繁に行うものではないので本研究では考えないものとする。これらの検査を行っている間に使用する貨車がなくなってしまうように、全国には数多くの予備となる貨車を置いてある。もし、交検する貨車数が検修区の能力を超えてしまった場合は、貨車は交検が終わるまで検修区で待っている状態となる。これを交検待ちという言い方で呼ぶこととする。

3 提案アルゴリズム

3.1 基本方針

現在、交検のタイミングに関してははっきりした基準は無く、前回交検日からの経過日数が 85 日に近づいた貨車をその場の判断で抜き取って予備車と入れ替えている。それにより、検修区によって作業量に大きな違いが生じており、ほとんど作業がない検修区もあれば、毎日交検が間に合わず交検待ちの貨車が溜まっている検修区もある。また、検修区は土日が休みであるため、日によって作業量に大きな違いが生じている。曜日ごとの違いについては、日曜日から月曜日にかけて交検待ちの貨車数が多くなり、週末に近づくにつれてその数が減っている。検修区での交検が終わらなければ貨車を使用することはできず、駅で長期間放置されたままになってしまう。よって、交検待ちの貨車数を減らすために、この地域間の差異と曜日間の差異をできるだけ少なくすることを基本方針とする。

*Proposal of algorithm for vehicle inspection schedule improvement and the evaluation

[†]Kazuya Hamaguchi, Reiko Hishiyama

[‡]Hiroyuki Matada, Noriaki Shiraiishi, Toshiki Hanaoka

[†]Waseda University

[‡]Japan Freight Railway Company

3.2 新案

交検待ちとなる貨車数を減らすための交検方法として、新たな3つの交検方法を設定し、現状と新案をシミュレーションを行うことにより比較する。

3.2.1 前振交検

前振交検とは、月曜日に交検待ちの貨車が多くなるのを防ぐために、金曜日に土曜日の分も交検する方法である。

3.2.2 定期交検

定期交検とは、曜日間の平準化を行うために、貨車ごとに決まった曜日に交検する方法である。具体的には、前回交検日からの経過日数がちょうど83日となった貨車を抜き取り、84日目に交検する。そうすることで、前回交検を行った曜日と今回交検を行う曜日が同じとなるため、検修区が土日休みであっても土日に交検が必要となる貨車はなくなる。

3.2.3 定量交検

定量交検は、交検日の近い貨車から順に毎日決まった数を抜き取り交検する方法である。毎日定量の貨車を抜き取ることで、抜き取った貨車と同じ台数の貨車が前日に検査し終わっており、抜き取った貨車の代わりに入れることができる。こうすることで、交検する貨車数を平準化することができ、交検待ちのために放置される貨車がなくなる。その結果、大幅なコストダウンにつながると考えられているが、この方法は、満足なシミュレーションが行われておらず、導入時の検修区の負担が大きくなるため、なかなか実現ができていない [2][3]。

4 評価実験

4.1 前提条件

- 各列車は20両編成で動く。(実データ平均)
- 列車の遅れは全列車の400分の1とする。(実データ)
- 運用変更はしない。
- 各地域間は1日で移動する。
- 貨車8253両のうち1日に動いている貨車は7280両で、残りの貨車は予備車とする。(実データに基づく)
- 運用は、2地域間運用×36通り、3地域間運用×60通り、4地域間運用×28通りとする。
- 検修区は、土日は休み。
- 検修区能力は、164両/日とする。

4.2 評価方法

欠車数が0となるために必要な予備車数は以下である。

$$\sum_{k=1}^9 \text{MAX}(\text{交検するために1日に抜き取る貨車数}) \\ = \sum_{k=1}^9 \text{MAX}(1\text{日の交検貨車数} + \text{交検待ち貨車数})$$

5 実験結果と考察

5.1 実験結果

図1は、曜日ごとの1日に交検した貨車数(点線)と交検待ち貨車数(実線)の差と、地域ごとの抜き取った貨車数(黒色)と検修区能力(灰色)の差である。

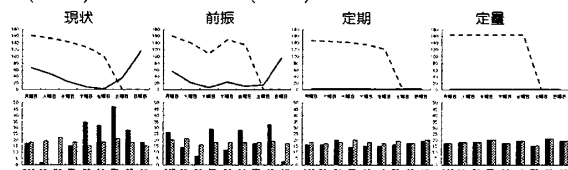


図1 曜日ごと、地域ごとの差

表1は、1日の平均交検貨車数と欠車数が0となるために必要な予備車数である。

表1 平均交検貨車数と必要な予備車数

	現状	前振	定期	定量
平均交検貨車数	136.8	137.3	137.4	164.0
必要な予備車数	1,123	561	293	164

5.2 考察

現状の交検方法では、シミュレーション結果は現実と離れた結果ではなかった。地域ごとに見ると、交検貨車数にかなりの差があった。よって、曜日間だけでなく地域間の平準化もする必要があり、曜日間と地域間という2つの平準化をすれば、交検待ちの貨車を減らすことができ、必要となる予備車数を減らすことができる。

前振交検では、月曜日に溜まっていた交検待ちの貨車が月曜日と木曜日に2つに分かれた。それにより、ある程度の改善効果があり、必要となる予備車数は半分くらいにすることはできたが、交検待ちの貨車数を大幅に減らすことはできなかった。

定期交検では、初期に波動が出るものの、徐々に交検待ちの貨車数が減っていき最後にはほとんどでなくなったため、必要となる予備車数をかなり減らすことができた。交検の曜日を固定することにより、結果として貨車運用の周期と交検の周期が一致し貨車を交検する場所が同じ場所となる場合が多くなったため、日数が経過するにつれて徐々に地域間での平準化にもつながった。曜日と場所を固定すれば、ある地域にのみ同時に大量の交検すべき貨車が到着し、他の地域では交検する貨車がないという状況にはならないため、このような結果になったと考えられる。

定量交検では、交検待ちの貨車は出なかったため、必要最小限の予備車数でよいという結果となった。しかし、他の交検方法と比べると平均交検貨車数は多くなった。これは、他の交検方法の場合、検修区に交検する必要のある貨車が来ない場合はその分休むことになるが、定量交検の場合は決まった数の貨車を交検するため日々の仕事量が固定され、休むことが無いからである。

6 おわりに

本研究は、従来の経路最適化問題では想定されていないタイプの問題であり、運行ダイヤが所与である環境下で車両検査を考慮した車両保有台数の最適化アルゴリズムを初めて提案した研究である。本研究では、配送経路を固定した状態で定期検査の方法を変えることにより全体として保有する車両の数を減少させるためのアルゴリズムを、4つの状況設定によるシミュレーションをもとに提案した。その結果、定期検査の方法を変えるだけで保有すべき車両の数にはかなりの差が出るということがわかった。

参考文献

- [1] G,B,Dantzig.,J,H,Ramser.:The Truck Dispatching Problem,*Management Science*,Vol.6,pp.80-91(1959).
- [2] 日本貨物鉄道株式会社:貨車使用効率向上計画 試験運用概要, 同社資料 (2001).
- [3] 日本貨物鉄道株式会社:定量交検方式の試験運用について, 同社資料 (2002).