

ヤードスティック規制におけるコストデータを利用した車両運用計画の一評価法

辻, 康孝
九州大学

<https://hdl.handle.net/2324/7172332>

出版情報 : The proceedings of the JSME annual meeting. 2018, 2018. The Japan Society of Mechanical Engineers

バージョン :

権利関係 : Copyright©2018 一般社団法人 日本機械学会



KYUSHU UNIVERSITY

S1410004

ヤードスティック規制におけるコストデータを利用した 車両運用計画の一評価法

An estimation method for railway rolling stock planning
using cost data in yardstick regulation

辻 康孝^{*1}, ○正

Yasutaka TSUJI^{*1}

^{*1} 九州大学 Kyushu University

Railway rolling stock planning is a basic scheduling in railway transport, which assign physical train units to pre-defined time table services and determines a roster of train units. In the planning, minimizations of a number of train units used and deadheading costs are required. In order to represent preferences of railway companies well, an estimation of monetary cost (objective function) is required. Railway companies in Japan receive the yardstick regulation. In this paper, an estimation method for railway rolling stock planning based on the standard costs in the yardstick regulation are proposed.

Key Words : Railway Rolling Stock Planning, Yardstick Regulation, Periodic Maintenance Cost, Scheduling Algorithm

1. はじめに

計画された列車ダイヤに対して鉄道車両の使用順序（仕業と交番）を策定する計画を車両運用計画と呼ぶ

⁽¹⁾。車両運用計画では、回送列車の設定や周期的に実施される車両検査の設定もあわせて計画され、旅客鉄道輸送における基本スケジューリング問題の一つである。車両運用計画問題に対しては、有向ネットワークとしてモデル化する手法⁽²⁾が提案され、周期的検査の制約条件のもと使用車両数や回送コストを最小化する解法アルゴリズムが提案されている^{(2)～(5)}。また多品種フロー問題として扱う問題も提案されている⁽⁶⁾。しかし得られた計画案が、具体的にどの程度コスト削減に寄与するかについては考慮されていない。計画担当者が、車両運用計画に対してより柔軟な意思決定を行うためには、鉄道会社の選好をより反映した評価法（目的関数）の設計が必要になると考える。

鉄道会社は、多数の車両と人員、駅・線路等の設備を用いて旅客輸送を行っており、鉄道事業のコスト構造の分析や適切な運賃設定は重要な課題⁽⁸⁾でもある。また国内の鉄道会社は、その運賃設定においてヤードスティック方式による規制を受けており、旅客輸送に直接関連するコストの削減が経営努力として国からの評価を受ける⁽⁷⁾。特に、ヤードスティック規制の対象となるコスト項目は、車両運用計画と密接に関連している。

そこで本稿では、ヤードスティック規制の基準コストデータを利用した車両運用計画のコスト評価の一構成法を提案し、その数値例を示す。

2. 車両運用計画

2・1 車両運用計画

時刻表上の運行計画である「列車」に対して、実際の鉄道車両を割り当てる計画を車両運用計画という⁽¹⁾。まず各車両は一日に複数の担当列車を割り当てられ、この担当列車の順番を「仕業」あるいは「行路」と呼ぶ。各車両は毎日同じ仕業を担当するのではなく、異なる仕業を順番に担当させる運用が行われる。車両運用計画では、使用する車両数と回送数及び回送距離により評価され、これらの最小化が主要目的となる。また鉄道車両にはさまざまな検査が課せられており、数日（以内）間隔で1時間程度実施される簡易検査を仕業検査と呼び、運行の

合間に実施される。そのため仕業検査の計画と車両運用計画は同時に考慮する必要がある。その他、列車がその終着駅に着いた後、次発列車として出発する場合には、出発のための準備時間を数分程度確保する制約もある。

2・2 車両運用計画問題のモデル化と解法アルゴリズム

車両運用計画問題に対して、各列車をノード、列車間のつなぎをアーケとする車両運用ネットワークモデルが提案されている⁽²⁾。検査周期と同じ間隔に検査可能アーケを組み込み、かつ最短になる巡回路がこの問題の最適解となるため、巡回セールスマニ問題への適用法に基づいた近似解法^{(2) (3) (5)}、また厳密解法⁽⁴⁾が開発されている。制約を満たす最短巡回路での日またぎ回数が必要車両数、到着駅と出発駅が異なるアーケの個数が必要な回送数に相当する。また路線によっては、車両数と回送コストがトレードオフになる場合もある。そのため柔軟な意思決定を行うためには、鉄道会社の選好をより反映した評価法あるいは目的関数を導入する必要がある。

3. 鉄道におけるヤードスティック規制

3・1 ヤードスティック規制

鉄道事業では、経営に必要な営業経費等を合計し、それに適正な利潤（事業報酬）を加えたものが、収入とバランスするよう運賃が決められている。日本国内では、鉄道会社に適正な経営努力（事業の効率化）を働かせるために、ヤードスティック規制が課せられている。ヤードスティック規制とは、類似する条件下にある企業に対して、共通の評価指標を設定し、その指標に基づいて各企業の料金を規制する制度である⁽⁷⁾。鉄道では、運賃改定時の上限値がこの規制を受ける。営業費の内の経費及び人件費がヤードスティック規制の評価指標となり、国から各鉄道会社に基準コストが提示され⁽¹⁰⁾、各会社は基準コストを下回るように実際の経費及び人件費（実績コストという）を抑制することが努力目標となる。基準コストをクリアするためには、車両運用計画が一定の役割を果たす。なお実績コストが基準コストを下回れば、そのかい離度に応じて運賃上限のアップが報酬として認められる。

3・2 基準コストと基準単価

基準コスト算出では、ヤードスティック規制の対象となる経費及び人件費は五つの費目：線路費・電路費・車両費・列車運転費・駅務費に分けられる。

- (1) 線路費 線路や路線の維持補修、作業管理に要する経費。
- (2) 電路費 電車線や信号設備等の維持管理、作業管理に要する経費。
- (3) 車両費 車両の整備補修、作業管理に要する経費。
- (4) 列車運転費 列車の運転や作業管理に要する経費。ただし動力費は含まない。
- (5) 駅務費 駅の維持や乗車券の発行等に要する経費。

各鉄道会社の実績コストを各費目に分け、さらに規模の異なる会社同士を比較できるように、各費目を設備量・施設量で除して実績単価を算出する。さらに重回帰分析により各費目の基準単価を表す重回帰式を導出し、これに各会社の設備量・施設量を乗じることで各会社の基準コストが与えられる。

4. 提案構成法

本研究では車両運用計画に関する費目に着目し、これらの基準単価を利用した車両運用計画の評価法の設計を試みる。車両運用計画に関する費目は（3）車両費（4）列車運転費である。これらの基準単価を表す重回帰式は次式で与えられる（H27年度）⁽¹⁰⁾。

y_3 ：車両一両当たりの基準単価（1000JPN/car/year）

$$y_3 = 39.578x_{31} + 0.707x_{32} + 1235.993 \quad (1)$$

ここで, x_{31} は1両当たり車両走行キロを, x_{32} は雪量を表す.

y_4 :営業キロ当たりの基準単価 (1000JPN/km/year)

$$y_4 = 20.835x_{41} + 3328.604x_{42} - 4924.846 \quad (2)$$

x_{41} は1列車1キロ当たりの乗車人員を, x_{42} は列車密度を表す. 式(1) (2)に対象路線の実データを代入することで, 対象路線における基準単価を算出できる. さらに車両運用計画で得られた使用車両数 A とその両数 n を, y_3 に乘じることで, その路線の基準コストの車両費を算出することができる. 同様に回送距離 H と営業キロ L の合計を, y_4 に乘じることで, 基準コストの列車運転費を算出できる.

一方, 車両費及び列車運転費には動力費が含まれていないため, 別途, 動力費を算出する必要がある. ここでは電車のみを用いた路線を考える. 車両1両が1km走行するのに必要なエネルギーを E_R (kWh/km/car), 電力量料金 p_e (JPN/kWh) とし, H と L の合計にこれらを乗じることで動力費を見積もる. 以上, 車両運用計画で得られた結果の評価値 $Cost$ (JPN/year) は次式で見積もることができる.

$$Cost = nAy_3 + (H + L)y_4 + 365(H + L)p_eE_R \quad (3)$$

また基準からのコスト増分 $\Delta cost$ (円/年) を次式で定義する. なお, A_{ref} は必要車両数の参考値とする.

$$\Delta cost = n(A - A_{ref})y_3 + Hy_4 + 365Hp_eE_R \quad (4)$$

Table 1 Standard cost in yardstick regulation of JR Kyushu (in 2017) $\times 10^3$ JPN

Track costs	Catenary costs	Rolling stock costs	Train operating costs	Station costs
6,220	1,084	*8,372	*9,193	36,488

Table 2 Results of estimation to two solutions in Kyudai-line

	A	A_{ref}	$H[\text{km}]$	$\Delta cost \times 10^3$ JPN
Solution1	13	12	210.8	1,947,794.1～1,949,333.2
Solution2	14	12	152.5	1,419,567.1～1,420,680.4

5. 数値例

先行研究⁽⁵⁾において開発した車両運用計画問題に対する解法アルゴリズム (アントコロニー最適法) の適用結果を用いて, 提案評価法の数値例を示す. 対象はJR九州久大本線 (列車数128) とするが, 本来なら1両, 1+1両の編成であるが, 簡単のため全て1両編成と仮定する. また久大線に関する基準単価 y_3 , y_4 の算出では, 久大線のデータを取得できなかったため, JR九州全体での基準単価⁽¹⁰⁾で代用する (表1参照). また鉄道車両が消費するエネルギーは, 路線, 車両タイプ, 走行曲線によって異なる. ここでは文献⁽⁹⁾の実測データを利用することとし, $E_R = 0.8 \sim 1.8$ とする. 電力料金は $p_e = 20$ と見積もる. 先行研究⁽⁵⁾の計算結果より二つの計画案を選択し, それぞれ提案評価法による解の評価を行う. その結果を表2に示す. 表2の結果より, 車両数の増加よりも, 回送距離の増加がコスト増加に大きく影響する結果となった.

6. おわりに

本稿では, 車両運用計画問題の評価法に対して, ヤードスティック規制の基準コスト算出法に基づく一構成法を提案した. 提案手法により, 鉄道会社が自身の選好をより反映した評価あるいは目的関数の設定が可能となる. 基準コスト算出での基準単価は, 鉄道会社の全車両, 全路線を平均化した値となる. そのため, 実際の適用においては, 適用する路線のデータを利用し, さらに車両タイプ等を反映した補正係数を導入するなどして基準単価を適切に補正する必要がある. さらに回送時の列車運転費のより正確な見積もり法の検討も必要である.

文 献

- (1) (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, NTS (2005).
- (2) 趙鵬, 富井規雄, 福村直登, “確率的局所探索に基づく鉄道車両運用計画作成アルゴリズム”, 電気学会交通・電気鉄道研究会資料, TER-01-54 (2001), pp. 25-30.
- (3) 趙鵬, 富井規雄, 福村直登, “車両運用計画自動作成アルゴリズムの開発”, 鉄道総研報告, Vol.22, No.6 (2008), pp. 5-10.
- (4) 大野明良, 西竜志, 乾口雅弘, 高橋理, 上田健詞, “定期検査制約を有する車両運用計画問題への列生成法の適用”, 電気学会論文誌C, vol.132, No.1 (2012), pp.151-159.
- (5) Tsuji, Y., Kuroda, M., Kitagawa, Y. and Imoto, Y., “Ant Colony Optimization approach for solving rolling stock planning for passenger trains”, *Proc. 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, (2012), pp.716-721.
- (6) 大槻知史, 愛須英之, 田中俊明, “車両運用計画問題に対する制約充足解法の提案”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌, vol.53, No.1 (2010), pp.30-55.
- (7) 水谷淳, “鉄道事業におけるヤードスティック規制：基準コスト算出手法の検討”, 運輸政策研究, Vol.17, No.2 (2014) pp.20-27.
- (8) 大庭哲治, 松中亮治, 中川大, 工藤文也, “車両走行時間を考慮した全国の地域鉄道の運行費用に関する研究”, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No.5 (2016) pp.I_1047-I_1056.
- (9) 近藤稔, 小川知行, 村上浩, “鉄道車両の消費エネルギー簡易計算法”, 鉄道総研報告, Vol.25, No.8 (2011), pp.41-46.
- (10) 国土交通:JR 旅客会社の基準単価・基準コスト等について H27 : http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk6_000027.html