

IV-32

停車場配線の設備能力評価シミュレーションに関する基礎的研究

鉄道総合技術研究所 正員 祖田 圭介

1. はじめに

鉄道の輸送改善計画において、その一環として、停車場配線の改良の必要性の検討がなされるが、この場合、配線の設備能力評価についての合理的な判断指標が必要となる。とくに、現有設備の有効活用による輸送改善の検討にはその必要性が高い。

そこで、本文では、停車場設備計画において、停車場配線の設備能力評価をモンテカルロシミュレーションにより定量的に行うための基礎的な手法を提案し、その考え方とその適用例について報告する。

2. 停車場配線形態とその評価

停車場の機能上から停車場の配線形態を分類すると、一般中間駅、待避駅、終端駅、分岐駅、交差駅、途中折返駅等に分類される。

停車場配線や土木構造物は、基本的には、列車系統や列車ダイヤによって定まるべきものであるが、列車系統と列車ダイヤは変動する輸送需要に対し柔軟性を要求されるのに対し、停車場配線と土木構造物は固定度が強いので、列車系統や列車ダイヤの変化にある程度応えられるように造る必要がある。

停車場配線の評価は、運転側、建設側、旅客側それぞれの立場でそれを評価する視点が異なるものであると考えられるが、ここでは、運転側からみて、列車ダイヤと配線の設備能力といった観点での評価を行う。停車場設備計画において、停車場配線の評価は列車ダイヤとの関係が非常に強いものであり、それらを十分に意識して行う必要がある。

3. シミュレーションの考え方

実際の列車運行において、その運転状況を統計的に把握し、確率論を適用して停車場配線の評価するために、列車群到着時隔について、JR阪和線天王寺駅を例にその分布形を検討した。

列車到着時隔の分布形は、横田¹⁾が提案しているように、最小時隔未満の時隔が出現しないようにするため、列車時隔 t の確率密度関数として、最小時隔 c を有する指数分布の、

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda(t-c)} \quad (t \geq c) \quad (1)$$

につき、あてはめの検定(χ^2 検定)を行う。ここに、 λ は有効列車密度である。上記関数の平均 m (平均列車時隔)は $m = c + 1/\lambda$ 、分散 σ^2 は $\sigma^2 = 1/\lambda^2$ となる。

その結果を図1に示すが、このモデルが適合していることが明らかとなった。(最小時隔2分, 平均時隔4.77分)

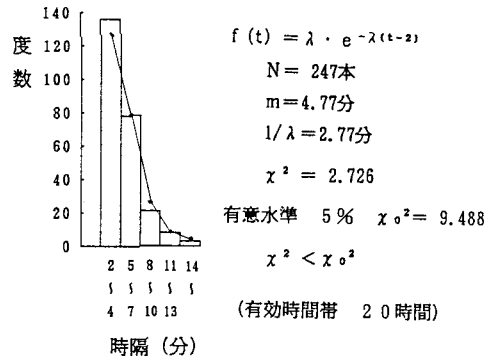


図1 阪和線天王寺駅の列車到着時隔分布の検定

そこで本シミュレーションでは、列車の運行状態はランダムとし、列車の到着時隔の分布は最小時隔 c を有する指数分布に従うものとする。シミュレーションにおいて、列車の到着時隔は一樣乱数を基にして次式で求める。

時隔の確率分布およびその逆関数は

$$\Phi(t) = e^{-\lambda(t-c)} \quad (2)$$

$$\Phi^{-1}(p) = - (1/\lambda) \cdot \log p + c \quad (3)$$

となる。ここに、 t :時隔, λ :有効列車密度である。よって、この分布に従った時隔は、一樣乱数 p を発生させて(3)式により求めることができる。

配線形態別の設備能力評価シミュレーションでは、一樣乱数を基に求めた列車の到着時刻により列車群を運行させ、与えられた列車競合条件により生じた支障率、進入待ち列車数等を求める。

4. シミュレーションの適用例

一般中間駅と終端駅について、ここで提案したシミュレーションによる評価手法の適用例を示す。

(1) 一般中間駅 複線区間の一般中間駅において、到着した列車が先行列車の取扱終了を待つために構外で待たされる確率を求めると共に、待行列の平均待ち列車数を算出し、設備能力を評価する。

つぎの仮定のもとにシミュレーションを行う。

(a) 列車の到着時隔は最小時隔2分を有する指数分布 (b) 駅停車時間は指数分布 (c) 停車時間を除く場内最小運転時隔は一定値 (d) 先行列車の取扱終了以前に続行列車が到着した時に駅進入が支障

停車時間が増大すると進入待ちの確率は大きくなる。とくに、列車密度が高くなると、停車時間の増大により進入待ちの確率が急激に増大する。進入待ちの列車が平均的に何個列車待っているのかを求めた結果を図2に示す。平均列車密度が20本/時で、平均停車時間が60sのとき、平均待ち列車数は0.6列車となっている。これは列車ダイヤが乱れ、駅の手前に平均0.6列車が進入待ちをしている状態を示している。この状態を解消するためには、到着線を2線にして、2線交互着発をする必要がある。

(2) 終端駅 先行列車が着発線を占有中に到着して進入待ちとなった、後続列車の本数を数え、その平均列車本数を算出し、着発線の所要数の目処を示す。

つぎの仮定のもとにシミュレーションを行う。

(a) 列車の到着時隔は最小時隔2分を有する指数分布 (b) 列車の折返時間は最小折返時間が4分の指数分布、平均折返時間は8分 (c) 着発線は循環使用する

シミュレーション結果を図3に示す。当然ながら、列車密度が高くなるに従って待行列は長くなる。着発線が1線の場合、平均列車密度が10本/時程度を超えると待行列は1列車を超えている。着発線数を増加すると待行列は短くなる。平均列車密度が8本/時では2線、12本/時では3線、20本/時では4線未滿となると待行列は急激に長くなる。

5. おわりに

本研究では、確率論を応用して、モンテカルロシミュレーションにより配線形態別に停車場配線の設

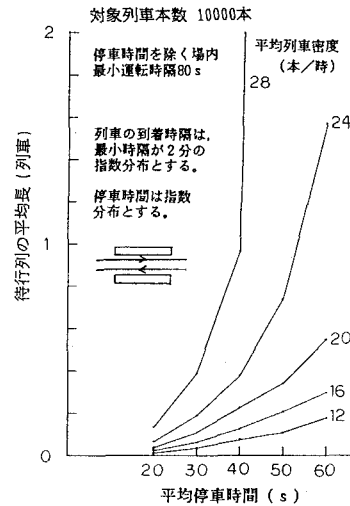


図2 中間駅における平均進入待列車数

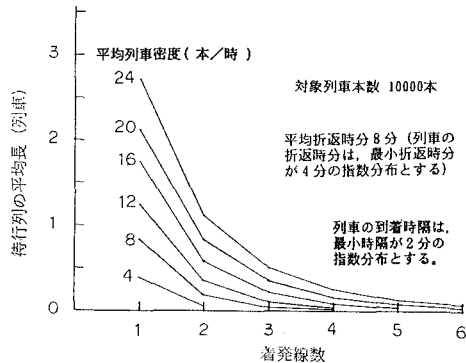


図3 終端駅における平均進入待列車数

備能力評価を行う基礎的な手法を開発し、その適用例として、配線形態別にシミュレーションを実施した結果、配線形態と列車密度や停車時間等の列車ダイヤの構成要素との関係が数量的に明らかになるなど、今回開発した手法の有効性が確認できた。

最後に、本文を纏めるに当っては、野末尚次研究室長に終始懇切な御指導を賜ったもので、ここに深く感謝の意を表する次第である。

〔文献〕

- 1) 横田英男：列車ダイヤ作成の見地よりする待避線の機能の解析とその計画原則，土木学会論文報告集，299，1980