

単純性・頑健性の観点からの列車ダイヤ評価手法の検討

Timetable evaluation method based on simplification and robustness

○宮本俊志¹, 香取照臣², 泉 隆²*Takashi Miyamoto¹, Teruomi Katori², Takashi Izumi²

Abstract: For better train timetables evaluation suggestion, we found a various evaluations level from the viewpoint of simplification and robustness of diagram. On evaluated diagrams, keeping turning-back time and average headway time diagram which called cyclic diagram is good one.

1. まえがき

日本の鉄道は、世界でも有数の正確性と安全性を持って運用されている^[1]。しかし、そのダイヤを決めることは容易ではなく、多数の要素が混在するため評価の明確な指標がないというのが現状である。

本研究では、列車ダイヤを部分と全体の両面から同項目で評価する方法を検討している。列車ダイヤに求められるものとして、利便性・単純性・頑健性・経済性の4つを挙げ、それぞれの関係と評価する項目を検討していくつかの列車ダイヤに適用した結果を示す事が最終目標である。本論文では単純性・頑健性にそれぞれの関係と評価する項目を検討していくつかの列車ダイヤに適用した結果を示す。

2. 列車ダイヤとその評価

2.1 列車ダイヤとは

列車ダイヤとは列車の運行計画のことであり、列車1本1本に対して通る各駅の着時刻と発時刻、番線、運転する路線などが定められている。これを図示したものをダイヤグラムという。ダイヤグラムは、横軸を時刻、縦軸を駅の位置として、各列車の発時刻と着時刻を結ぶことによって列車の動きを示している。

2.2 列車ダイヤに求められるもの

Table1はダイヤ策定時に関係すると思われる項目を列挙し、その中から列車ダイヤに求められる事項として本論文では2項目の頑健性・単純性を抽出し、それらを端的に表す評価値と、肯定的・否定的な構成要素に分類したものである。本論文ではダイヤを決定した際に路線の設備などを考慮せずに単純に時間を参照するのみで評価することが可能であり、また評価する際の物理量が同一であるためこの2つを対象とした。

2.3 単純性

利用者の立場では、利便性とは別の観点でわかりやすいダイヤ(時刻表)であることも論じるべきである。「わかりやすい」という語では内容が判然とし

ないため、ここでは覚えやすさという意味で「単純性」と呼び、覚えやすさや周期性、パターン(サイクル)ダイヤを指すこととする。運行系統が複雑でないことなどもこれに含まれる。これを単純性とする。

2.4 頑健性

利用者・事業者のいずれの立場でも、ダイヤは乱れにくく乱れた場合でも速やかに計画ダイヤに戻せることが望まれる。これらは時間・設備の両面に余裕がある、すなわち運転時隔や終端駅での折り返し時間と、折り返し番線数や車両数に余裕があることで遅延の吸収と柔軟な運行が可能になる。

Table.1 Considering conditions at making train timetable

	評価値	肯定要素	否定要素
利便性			
単純性	等時隔	等時隔 パターンダイヤ	
頑健性	運転時隔 折返時間	長運転時隔 長折返時間 番線数多 車両数多 上下ダイヤ適 切位相差	短運転時隔 短折返時間 分割併合・ 増解結 上下ダイヤ位 相差長 or 短
経済性			

3. 評価方法・評価基準

2.での議論から、使用する列車ダイヤの実際の評価には、

単純性 運転時隔の標準偏差

頑健性 平均運転時隔, 平均折り返し時間

を用いることが適切であるが、もともと異なる物理量の場合もある。本論文ではこれらの単位が同一であることを利用し評価値を正規化せず算出している。

3.1 単純性の評価

単純性の評価として運転時隔の標準偏差を使用する。標準偏差が限りなく 0 に近づけば等時隔であり単純性が満たされているかを確認できる。

$$\text{標準偏差} = \sqrt{\frac{\sum(\text{各駅での平均運転時隔} - \text{算出した平均運転時隔})^2}{\text{算出した平均運転時隔のデータ数}}} [\text{min}] \quad (1)$$

3.2 頑健性の評価

(1) 平均運転時隔

平均運転時隔を参照することによって運転時隔の余裕がどのぐらい取られているかがわかる。よって頑健性の充分さが判別できる。

$$\text{平均運転時隔} = \frac{\text{各駅の平均運転時隔の合計}}{\text{モデル線路の駅数}} - \text{最小運転時隔} [\text{min}] \quad (2)$$

(2) 平均折り返し時間

頑健性を満たしているかの評価として終端駅での列車の停車時間を求める。それを平均折り返し時間とし、時間的余裕がどれほど確保されているかを比較する。

$$\text{平均折り返し時間} = \frac{\text{終端駅での総停車時間}}{\text{終端駅での停車回数}} - \text{最小折り返し時間} [\text{min}] \quad (3)$$

3.3 評価値

評価値は式(1)と式(2)と式(3)の3式をかけあわせたものとする。理由はどちらも計算結果が同じ単位であることからである。なお、平均折返し時間は多く確保したいため逆数にしている。

$$\text{評価値} = \text{平均運転時隔} \times \text{標準偏差} \times \frac{1}{\text{平均折返し時間}} [\text{min}] \quad (4)$$

評価値は 3.1, 3.2 での議論から小さいほど評価としてより良いダイヤという評価になる。

4. 結果と考察

4.1 対象路線

列車ダイヤを評価するモデル路線を Fig.1 に示す。モデル路線は東葉高速鉄道を模したものであり、ブロック分けしている。走行距離は 16.2km であり駅数は 9 駅である。また 1 ブロック当たりの単位時間は 15[sec] である。

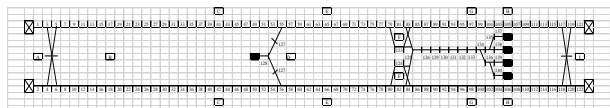


Fig.1 Model route map is divided blocks

4.2 様々なダイヤでの評価

様々なダイヤで、それぞれ平均運転時隔と標準偏差、平均折り返し時間、評価値を求めた。その結果を Table.2 に示す。ダイヤグラムは Fig.2 に示す。

ダイヤはすべて 3 時間分のダイヤであり、最小運転時隔を 2[min] としている。

(a) では単一なパターンダイヤであるため標準偏差が限りなく 0 に近づく。このことから標準偏差が 0 に近づくダイヤは複雑ではなく単純性を満足するダイヤだといえる。また評価値を比較した際、(b) のよ

うな単純性と頑健性のどちらかの指標に突出している場合、柔軟なダイヤになりえる。また逆に (d) のようなダイヤでは評価値が悪くなっている。目安として評価値が 5 未満を満たせば単純性もしくは頑健性のどちらかを満たすダイヤと言える。

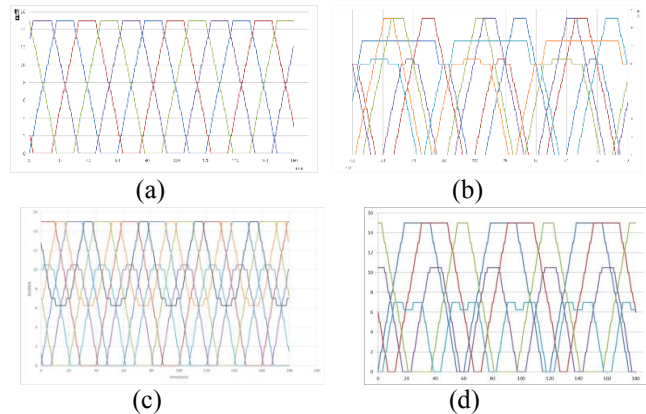


Fig.3 Evaluated Diagram

Table.2 Evaluation results of diagram

	運転時隔		平均折り返し時間 [min]	評価値 [min]
	平均 [min]	標準偏差 [min]		
(a)	13.08	0.22	7.66	0.41
(b)	11.71	8.50	26.60	3.74
(c)	9.18	2.75	8.75	2.25
(d)	14.26	6.85	9.33	9.60

5. まとめ

より良い列車ダイヤ評価案提案のために、単純性・頑健性の観点からの各種ダイヤの評価値を求めた。評価したダイヤは現状では、折返し時間と平均運転時隔が適切に確保されたパターンダイヤに近いダイヤが優れたダイヤといえる。しかし、単線区間などではパターンダイヤを形成できない場合があるため、その場合は他の評価として利便性や経済性を参照し評価を組み込まなければならない。

今後の課題として、平均旅行時間を用いた評価値の算出、ダイヤ評価に関するプログラムの検討、他のモデル路線での評価の実現、様々なダイヤでの評価の実現が挙げられる。

なお本研究は JSPS 科研費 16K01263 の助成を受けたものです。

文献

[1] 富井 規雄, 「列車ダイヤのひみつ 一定時運行のしくみ」, 成山堂書店 (2005)
 [2] 宮本俊志, 香取照臣, 泉隆, 「単純性・頑健性の観点からの列車ダイヤの評価の検討」, 平成 30 年電気学会産業応用部門大会, Y-149(2018)