

地方鉄道における不完全なパターンダイヤに対する評価に関する一考察

鈴木 崇正¹・渡邊 拓也²・深澤 紀子³・奥田 大樹⁴

¹正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 交通計画研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail:suzuki.takamasa.91@rtri.or.jp

²正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 交通計画研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail:watanabe.takuya.42@rtri.or.jp

³正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 交通計画研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail:fukasawa.noriko.11@rtri.or.jp

⁴正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 交通計画研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail:okuda.daiki.67@rtri.or.jp

列車が同一周期で規則的に発車するパターンダイヤは、近年では都市鉄道のみならず地方鉄道でもその導入が進みつつある。しかし、ダイヤ設定上の制約が大きい路線などでは、完全なパターンダイヤ化の難易度は高く、一部の列車の発車時刻がわずかにずれている、あるいは 1 本だけ列車がないなど不完全なパターンダイヤにせざるを得ないケースも見られる。そこで、ダイヤの「覚えやすさ」と「利便性」に着目して、このような不完全なパターンダイヤに対する旅客や沿線居住者の評価を明らかにするため、地方鉄道沿線を対象としたウェブアンケート調査を実施した。得られたデータを分析した結果、ダイヤがずれる場合遅発より早発のほうが高評価であること、ずれ幅が一定の水準を超えると列車が運行されないのと同等の評価になりうることなどが示唆された。

Key Words: local railway, clockface timetable, evaluation, questionnaire

1. はじめに

列車が等間隔に発車する、あるいは列車が毎時同じ時刻に発車するようなダイヤはパターンダイヤと呼ばれる。パターンダイヤは大都市圏の鉄道路線、とりわけ大手民鉄各線などにおいて、特に昼間時間帯に広く導入されているが、近年では列車本数の比較的少ない地方鉄道路線に新たに導入された事例もみられる¹²⁾。列車の運行間隔が 10 分あるいは 30 分など区切りのよい場合には記憶しやすいダイヤとなり³⁴⁾、また列車の運行が等間隔であれば旅客の平均的な待ち時間を削減できる可能性がある⁵⁾など、パターンダイヤは旅客の利便性向上に資する施策であると言える。

しかし、「列車が等間隔に発車する」「列車が毎時同じ時刻に発車する」ようなダイヤがいつでも実現するとは限らない。例えば、他路線の列車との乗り換えを考慮する必要がある列車は、その他路線の列車の時刻に合わせた時刻設定が必要であるため、発車時刻にずれが生じ

る可能性がある。あるいは同じ路線を走行する特急列車などが存在するとき、それらに追い抜かれる普通列車には待ち時間が発生するため、やはり発車時刻がずれる可能性がある。

このほか駅における追い抜きやすれ違いの可否などの制約もあり、現実のダイヤにおいては不完全なパターンダイヤの実施例がみられる。図-1 に示す例では、オレンジ色背景の列車の発車時刻がわずかにずれている。

時	分					
10	9	19	29	40	49	59
11	9	19	30	39	50	59
12	9	19	29	39	49	59
13	9	19	29	39	49	59
14	9	19	29	39	49	59

図-1 不完全なパターンダイヤの実施例

輸送施策としてパターンダイヤの導入を検討する上では、このような不完全なパターンダイヤに対する評価の把握が重要であるが、そのような評価に関する調査や分析を実施した文献は見当たらない。

そこで本研究では、特に地方鉄道における不完全なパターンダイヤに対する旅客の評価を把握するため、地方鉄道を想定した仮想的なダイヤに関する調査を実施した。そして収集されたデータの集計と統計モデルの構築等による分析を通じて、不完全なパターンダイヤに対する評価の定量化を試みた。

本稿の第 2 章では調査の方法を説明したうえで、その設計と実施、回答者の属性等を報告する。第 3 章では、ダイヤの「覚えやすさ」と「便利さ」それぞれの評価結果の傾向を示す。第 4 章では、調査に用いたダイヤの特性を変数化したうえで、それらがダイヤの評価に与える影響を統計モデルにより定量化する。第 5 章ではその定量化結果に基づき、不完全なパターンダイヤと「覚えやすさ」あるいは「便利さ」の評価との関係を考察する。最後に第 6 章でまとめと今後の課題について述べる。

以下本稿において「地方鉄道」とは、昼間 1 時間あたりの普通列車の本数が片方向 6 本以下である鉄道路線とする。ただし、新幹線、路面電車、ケーブルカー、ロープウェイ、観光目的の鉄道は含まない。また「ダイヤ」とは、図-1 で示すような、ある 1 つの駅における列車の発車時刻を指す。ここで着目するのは普通列車のダイヤである。特急列車など普通列車以外の種別は走行していてもよいが、それらのダイヤには着目しない。列車の行き先、混雑具合、遅延の発生状況など、時刻表から把握できる発車時刻以外の要素も考慮しない。

2. ダイヤ評価に関するアンケート調査

(1) 調査の考え方

列車のダイヤを評価するにあたり、例えば個々のダイヤについてスコアを付けるなどの絶対評価は被験者にとって回答の難易度が高いと考えられる。そこで、いずれも仮想的である完全なパターンダイヤといくつかの不完全パターンダイヤをセットにして被験者に提示し、「覚えやすさ」と「便利さ」それぞれの観点についてダイヤを順位付けしてもらったこととした。それと同時に、「発車時刻のずれなどがどの範囲までであればパターンダイヤと見なしてもらえるか」という観点から、提示したいくつかの不完全パターンダイヤのうち、パターンダイヤと同等の「覚えやすさ」もしくは「便利さ」を有すると考えられるものを選択してもらったこととした。

実際のダイヤでは、特に昼間の時間帯にパターンダイヤの実施例が多く見られることから、提示するダイヤは

10 時台から 14 時台までの 5 時間分とした。

被験者に提示した多数の仮想ダイヤセットの一例を図-2 に示す。仮想ダイヤセットは、ある 1 つの駅における片方向の列車発車時刻を想定した、[A]~[E]の 5 つのダイヤからなる。このうち[A]はすべての列車の発車時刻が完全に等間隔であるパターンダイヤである。

ダイヤ[B]~[E]は、いずれも[A]をベースとして、12 時台の 1 本を少しだけ変化させた不完全なパターンダイヤである。変化させる列車を 1 本に限定することで、回答の負担軽減と分析の単純化を目指した。[B]~[E]それぞれの具体的な変化は以下のとおりである。このダイヤセットに対する設問の概要を表-1 に示す。設問自体はすべての仮想ダイヤセットについて共通である。

- [B]: その 1 本の発車時刻を少しだけ早くする。
- [C]: その 1 本の発車時刻を少しだけ遅くする。
- [D]: その 1 本のあとに 1 本追加する。
- [E]: その 1 本を削除する。

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 28 48
13	8 28 48
14	8 28 48

[A] 完全なパターンダイヤ

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 27 48
13	8 28 48
14	8 28 48

[B] 1 本早い

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 29 48
13	8 28 48
14	8 28 48

[C] 1 本遅い

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 28 38 48
13	8 28 48
14	8 28 48

[D] 1 本多い

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 48
13	8 28 48
14	8 28 48

[E] 1 本少ない

図-2 被験者に提示したダイヤセットの例

表-1 提示したダイヤセットに関する設問

問	質問内容
1	ダイヤ[A]~[E]を「覚えやすい」順に順位づける
2	ダイヤ[A]~[E]のうち、「〇分間隔で発車する」と単純に覚えやすいと思うものをすべて選ぶ
3	ダイヤ[A]~[E]を「便利である」順に順位づける
4	ダイヤ[B]~[E]のうち、便利さがダイヤ[A]と同等であると思うものをすべて選ぶ

(2) 仮想ダイヤセットの設計

a) [A] 完全なパターンダイヤ

今回の調査は地方鉄道が対象であることを踏まえて、提示した仮想ダイヤセットにおける 1 時間当たりの列車本数は 1~6 本のいずれかとした。

完全なパターンダイヤにおいては、1 時間当たりの列車本数とある 1 つの列車の時刻を定めれば、全体のダイヤも一意に定まる。例えば 1 時間あたり本数が 5 本で、毎時最初の発車時刻が「00」分であるダイヤにおける列車の発車時刻は毎時「00,12,24,36,48」分である。時刻の数字そのものが「覚えやすさ」あるいは「便利さ」の評価に影響する可能性があることから、毎時最初の発車時刻の数字が「偶数である」「奇数である」「1 の位が 0 である」など異なる特徴を持つよう、表-2 の「毎時最初の発車時刻」列に示す 29 通りの「[A] 完全なパターンダイヤ」を生成した。

なお、1 時間あたりの運行本数が 1~6 本である完全パターンダイヤにおける運行間隔は、60,30,20,15,12,10 (分) である。運行間隔がいずれも 60 (分) の約数であることから、「[A] 完全なパターンダイヤ」はすべて 60 分サイクル、すなわち毎時同時刻である。

b) [B][C] 1 本だけ発車が早い/遅いダイヤ

「[B]1 本早いダイヤ」「[C]1 本遅いダイヤ」において発車時刻をずらした列車は、「[A] 完全なパターンダイヤ」における 12 時台の真ん中の列車である。例えば 12 時台の発車時刻が「00,12,24,36,48 分」であるとき、発車時刻をずらした列車は 24 分発である。なお 1 時間あたり運行本数が偶数である場合には、真ん中の 2 本の列車のうち遅い方の列車をずらした。

時刻のずれ幅と評価の関係を把握できるように、個々の「[A] 完全なパターンダイヤ」それぞれについて、表-2 の「時刻のずれ幅」に示すような複数のずれ幅を設定した。仮想ダイヤセットごとに、[B]と[C]のずれ幅は同一とした。例えば[B]のダイヤで発車時刻のずれ幅が 2 分であるとき、その仮想ダイヤセットの[C]のダイヤにおける発車時刻のずれ幅も 2 分である。

ここまでで、「毎時最初の発車時刻」と「時刻のずれ幅」の組み合わせから、表-2 の「セット数」に示す組み

合わせが生成された。

なお 1 時間あたり運行本数が 1 本であるとき、その列車の発車時刻が 00 分に近い場合にはそのずれによって列車が別の時間帯に移動してしまう。1 時間あたり運行本数が 1 本であるダイヤの発車時刻を、00 分から極力遠ざけた「20,23,25,28 分発」のいずれかとしたのは、その移動を極力回避するためである。

c) [D] 1 本多いダイヤ

「[D]1 本多いダイヤ」において増やした列車の発車時刻は、「[A] 完全なパターンダイヤ」における 12 時台の真ん中の列車と、その次に発車する列車とのちょうど中間とした。例えば 12 時台の発車時刻が「00,12,24,36,48 分」であるとき、増やしたのは 30 分発の列車である。1 時間あたりの運行本数が偶数である場合には、真ん中の 2 本の列車のちょうど中間に 1 本列車を増やした。

この「[D]1 本多いダイヤ」は、1 つの「[A] 完全なパターンダイヤ」について 1 つに定まる。

d) [E] 1 本少ないダイヤ

「[E] 1 本少ないダイヤ」において減らした列車は、「[A] 完全なパターンダイヤ」における 12 時台の真ん中の列車である。例えば 12 時台の発車時刻が「00,12,24,36,48 分」であるとき、減らしたのは 24 分発の列車である。1 時間あたりの運行本数が偶数である場合には、真ん中の 2 本の列車のうち遅い方の列車とした。

この「[E]1 本少ないダイヤ」は、1 つの「[A] 完全なパターンダイヤ」について 1 つに定まる。

e) 仮想ダイヤセット数

最終的に生成された仮想ダイヤセット数は、表-2 に示す「セット数」の和である 129 である。この 129 通りの仮想ダイヤセットを画像データとして作成した。

(3) 調査方法と被験者のスクリーニング

今回のアンケート調査はインターネットを活用し、調査業務は調査会社に委託した。初めに、2021年2月26日から3月2日にかけて、その調査会社の登録モニターのうち下記①②を満たす市区町村の居住者を対象として、本調査の被験者を抽出するスクリーニング調査を実施した。ここで調査会社における処理の都合上、郵便番号の上 3 桁を居住地判定に用いたため、調査対象の市区町村と同一の郵便番号上 3 桁を共有する対象外の市区町村もスクリーニング対象に含まれた。対象地域は大都市圏中心部などを除く、47 都道府県の 1,612 市区町村である。

- ① 2020年2月時点で自然災害による運休等が発生していない地方鉄道が通過している
- ② 普通列車の運行本数が昼間 1 時間あたり片方向 7 本以上である路線が通過していない

表-2 仮想ダイヤセットの設計

1 時間あたり運行本数	毎時最初の発車時刻	時刻のずれ幅	セット数
1 本	20, 23, 25, 28	1, 3, 5, 10, 15, 20 分	24
2 本	00, 03, 05, 08, 10	1, 3, 5, 10, 15 分	25
3 本	00, 03, 05, 08, 10	1, 3, 5, 10 分	20
4 本	00, 03, 06, 09, 10, 12	1, 2, 4, 7 分	24
5 本	00, 03, 05, 08, 10	1, 2, 4, 6 分	20
6 本	00, 03, 05, 08	1, 2, 3, 5 分	16

スクリーニング調査では、前節で示した被験者に対して「最寄りの鉄道駅における昼間片方向1時間あたりの列車本数」と、図-3に示すような時刻表の読み方が分かるかどうかを尋ねた。そして、列車本数が6本以内であり、かつ時刻表の読み方が分かると回答した22,305人を本調査の対象者とした。

(4) 本調査

本調査は、2021年3月6日から8日にかけて実施した。本調査では、作成した仮想ダイヤセットを被験者1人あたり4セット提示し、それぞれについて表-1に示す質問を示した。このとき、普段利用する駅の列車本数に近いダイヤを評価してもらい回答の妥当性を上げるため、スクリーニング調査において回答された最寄り駅の列車本数と同じ列車本数を有する仮想ダイヤセットを用いた。

このほか、被験者の年齢や職業などの個人属性も尋ねた。

本調査の結果、3,378人から回答を得た。列車本数ごとに回答者数がほぼ同数ずつになるよう制御した結果、列車本数ごとに550~582人分の回答が得られた(表-3)。不完全なパターンダイヤに対する評価のデータは、3,378人×4セット=13,512件である。

(5) 回答者の個人属性

回答者の年齢・性別の構成を図-4に、職業構成を図-5に示す。性別では男性の割合が全体の57.7%とやや多い。年齢別にみると40代から60代にかけての回答者が多く、全体の76.2%を占める。職業構成をみると、有職者、専業主婦・主夫、無職が大半であり、学生は1.6%と少ない。地方鉄道においては朝夕を中心に高校生等の通学旅客も多いが、今回の調査は特に昼間時間帯のダイヤに着目しているため大きな問題ないものとした。

3. 仮想ダイヤセットの評価傾向

調査で得られた13,512件のダイヤ評価に関する順位データから、129ある仮想ダイヤセットごとに、「覚えやすさ」「便利さ」それぞれについてダイヤ[A]~[E]の平均順位をとった。図-6にはその両者の相関を示す。プロットされているのは仮想ダイヤセット数129×ダイヤセットごとのダイヤ種類数5=645個のダイヤの平均順位である。本図の右上方に位置するほど、「覚えやすさ」「便利さ」の順位すなわち評価が高いことを意味する。

「覚えやすさ」「便利さ」ともに、順位が高い順に「[A]完全パターンダイヤ」「[D]1本多いダイヤ」「[B]1本早いダイヤ」「[C]1本遅いダイヤ」「[E]1本少ないダイヤ」という結果になった。特に「[A]完全パターンダイヤ」の「覚えやすさ」順位は非常に高い。Bonferroni

補正付き Wilcoxon 符号順位検定により、「覚えやすさ」1位である「[A]完全パターンダイヤ」と2位のダイヤの平均順位の差を検定した結果、129あるすべての仮想ダイヤセットについて、有意水準5%で有意な順位差がみられたことから、「覚えやすさ」評価において完全なパターンダイヤが強く支持されていることが示唆される。

時	下り	○○方面	時	上り	○○○方面
5	10	30 45	5	10	30 45
6	00	15 30 45	6	00	20 40
7	00	15 30 45	7	00	20 40
8	00	12 24 36 48	8	00	15 30 45
9	00	12 24 36 48	9	00	15 30 45
10	00	20 40	10	00	20 40
11	00	20 40	11	00	20 40
12	00	20 40	12	00	20 40

図-3 時刻表のサンプル

表-3 回答者数

列車本数	回答者数
1本/時	550人
2本/時	556人
3本/時	564人
4本/時	556人
5本/時	582人
6本/時	570人
合計	3,378人

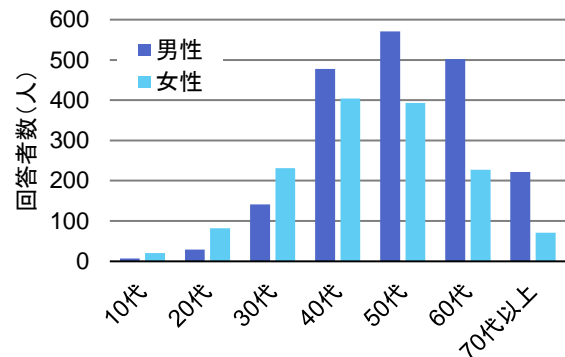


図-4 回答者の年齢・性別構成

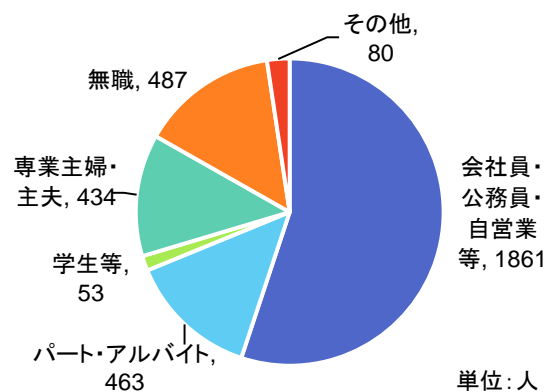


図-5 回答者の職業構成

また「覚えやすさ」と「便利さ」の Spearman 順位相関係数は 0.927 であることから、両者の評価は類似していると言える。

「便利さ」の観点では、「[D] 1 本多いダイヤ」より「[A] 完全パターンダイヤ」のほうが高順位である。便利さを評価するにあたって、列車本数が絶対的な基準ではなく、ダイヤのパターン化が評価を向上させる可能性があることが示唆される。

「[A] 完全パターンダイヤ」以外の 4 つのダイヤを比較すると、「便利さ」と比較して「覚えやすさ」の観点では順位差が小さい。覚えやすさが「完全なパターンダイヤであるかどうか」で決定づけられるのに対し、便利さは列車の増減が大きく関わっていると言える。

「[B] 1 本早いダイヤ」と「[C] 1 本遅いダイヤ」を比較すると、「覚えやすさ」「便利さ」とともに「[B] 1 本早いダイヤ」の順位が高い。ダイヤが不規則にずれている場合、乗り遅れのリスクを回避しやすいのは「[C] 1 本遅いダイヤ」であると考えられるが、回答者の視点としてはダイヤの不規則なずれによって到着が遅れることを回避したいという意向が働いている可能性がある。もっとも両者の順位差は小さいことから、その意向が強いと必ずしも言えない。

図-7 には、図-6 で示したうち列車本数が毎時 4 本もしくは 5 本であり、かつ[B] [C]ダイヤにおける発車時刻のずれ幅が 1 分である仮想ダイヤセット（セット数 11）を抜粋して示す。両図を比較すると図-7 において、「覚えやすさ」「便利さ」とともに「[B] 1 本早いダイヤ」と「[C] 1 本遅いダイヤ」の順位がより高く、「[D] 1 本多いダイヤ」の順位がより低い。

毎時 4 本あるいは 5 本のダイヤの運行間隔はそれぞれ 15 分、12 分であり、発車時刻の末尾の数字がもともと揃っていない。一方でそれ以外のダイヤの運行間隔は 60 分、30 分、20 分、10 分であり、発車時刻の末尾の数字が揃う。ここで、「[B] 1 本早いダイヤ」や「[C] 1 本遅いダイヤ」において列車 1 本の発車時刻をずらすと、発車時刻の末尾の数字が揃わなくなる。このとき、もともと末尾の数字が揃っていた場合には、そのずれによる評価への負の影響がより強いと考えられ、その結果として両者の順位の違いが生じていると考えられる。

なお図-7 に示す傾向がみられるのは、[B] [C]ダイヤにおける発車時刻のずれが 1 分の場合のみである。ずれ幅が大きくなると[B] [C]ダイヤの順位は下がり、図-6 と同様の傾向がみられるようになる。

4. 評価に影響を与える要因の定量化

仮想ダイヤセットのさまざまな特性が「覚えやすさ」

や「便利さ」の評価に与える影響をより定量的に把握するため、調査により得られたデータを用いて統計モデルを構築した。本章では、用いたデータ、モデル構造と変数、パラメータ推定結果について述べる。

(1) モデル構築の方針

モデルは「覚えやすさ」評価と「便利さ」評価それぞれについて構築した。また列車の運行本数により評価の観点が異なる可能性があることから、全データをプールしたモデルに加え、1 時間あたりの運行本数別のモデルも構築した。最終的に構築したモデル数は 14 である。

(2) 被説明変数

「覚えやすさ」評価に関するモデルの被説明変数は、表-1 に示す設問のうち問 2 「ダイヤ[A]~[E]のうち、〇

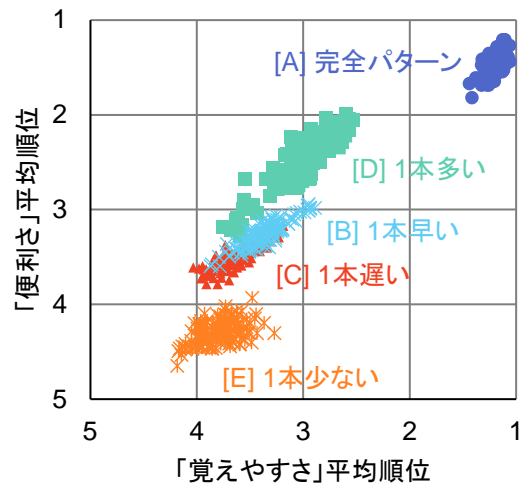


図-6 「覚えやすさ」と「便利さ」の平均順位 (すべての仮想ダイヤセット)

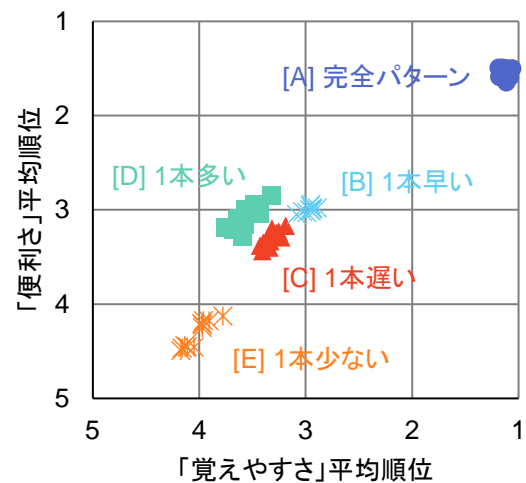


図-7 「覚えやすさ」と「便利さ」の平均順位 (毎時 4 本あるいは 5 本、かつずれ幅が 1 分の仮想ダイヤセット)

分間隔で発車する』と単純に覚えやすいと思うものをすべて選ぶ」の選択結果である。この選択結果を、ある回答者があるダイヤを選んだ時に 1、選ばなかったときに 0 とする二値変数とした。データの観測数は、被験者数 3,378 × 仮想ダイヤセット数 4 × 仮想ダイヤセットあたりダイヤ数 5 = 67,560 件である。

「便利さ」評価に関するモデルの被説明変数は、表-1 に示す設問のうち問4「ダイヤ[B]～[E]のうち、便利さがダイヤ[A]と同等であると思うものをすべて選ぶ」の選択結果である。この選択結果を、ある回答者があるダイヤを選んだ時に 1、選ばなかったときに 0 とする二値変数とした。ダイヤ[A]は評価の対象外であり、データの観測数は、被験者数 3,378 × 仮想ダイヤセット数 4 × 仮想ダイヤセットあたりダイヤ数 4 = 54,048 件である。

(3) 説明変数

説明変数は、各回答者が評価した仮想ダイヤセットの各ダイヤの特性である。その特性と説明変数の設定方を表-4 に示す。「末尾 0 ダミー」は、ダイヤ上の時刻の数字末尾がすべて 0 の場合を 1 とするダミー変数である。これに該当するのは以下のとおりである。

- ① 運行間隔が 10 (分) の倍数であり、かつ毎時最初の発車時刻が 00,10,20 のいずれかである「[A] 完全パターンダイヤ」「[E] 1 本少ないダイヤ」
- ② ①の条件に合致し、かつ時刻のずれ幅が 10 分もしくは 20 分である「[B] 1 本早いダイヤ」「[C] 1 本遅いダイヤ」
- ③ 運行間隔が 20 (分) の倍数であり、かつ毎時最初の発車時刻が 00,10,20 のいずれかである「[D] 1 本多いダイヤ」

「早発分数」は「[B] 1 本早いダイヤ」である場合、「遅発分数」は「[C] 1 本遅いダイヤ」である場合にそれ

表-4 説明変数とその設定方

説明変数	設定方
末尾 0 ダミー	時刻の数字末尾がすべて 0 の場合 1 それ以外の場合 0
早発分数 (分)	「[B] 1 本早いダイヤ」の場合ダイヤのずれ幅 (分) それ以外の場合 0
遅発分数 (分)	「[C] 1 本遅いダイヤ」の場合ダイヤのずれ幅 (分) それ以外の場合 0
本数増ダミー	「[D] 1 本多いダイヤ」の場合 1 それ以外の場合 0
本数減ダミー	「[E] 1 本少ないダイヤ」の場合 1 それ以外の場合 0

ぞれ時刻のずれ幅を値とする変数であり、取りうる値は表-1 の「時刻のずれ幅」に示す値のいずれかである。これ以外の場合は 0 である。

「本数増ダミー」は「[D] 1 本多いダイヤ」である場合に 1、「本数減ダミー」は「[E] 1 本少ないダイヤ」である場合に 1 となるダミー変数である。これ以外の場合は 0 である。

(4) モデル構造

モデル構造の基礎としたのはロジスティック回帰モデルである。あるダイヤ d について、回答者が「覚えやすい」あるいは「便利である」と回答する確率 p_d は、式 (1) により求められる。

$$p_d = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k x_{kd})]} \quad (1)$$

ここで、 β_0 は定数項、 n は説明変数の個数 (今回は 5 つ)、 β_k はダイヤ d の特性を表現する k 番目の説明変数 x_{kd} にかかる係数である。

なおモデル構築に用いた 67,560 件ないし 54,048 件のデータは回答者単位にグループ化できる。「覚えやすさ」や「便利さ」の評価は、ダイヤの特性によるほか回答者個人の嗜好などの影響も受けると考えられることから、ここでは回答者ごとの個人差すなわちグループ間変動を分離できるよう、定数項 β_0 に変量効果を仮定する混合ロジスティック回帰モデルを採用した。

(5) パラメータ推定結果

パラメータ推定には、統計解析ソフトウェア R⁷⁾ と、lme4 パッケージに含まれる glmer 関数を用いた。

「覚えやすさ」モデルのパラメータ推定結果を表-5 に、「便利さ」モデルのパラメータ推定結果を表-6 にそれぞれ示す。運行本数が 4 本/時と 5 本/時において、時刻の末尾数字がすべて 0 であるダイヤはない。自由度調整済み尤度比が 0.2 に満たないモデルもあるが、推定された係数の大半は有意水準 5% で有意であり、今回用いた各説明変数が評価に与える影響を定量化できていると考えられる。

個々の説明変数についてみると、「末尾 0 ダミー」の係数はいずれも正、「早発分数」「遅発分数」の係数はいずれも負であった。これは、時刻の末尾数字が 0 で揃っていることや、時刻のずれが小さいことが「覚えやすさ」「便利さ」を向上させていることを意味し、一般的な傾向と合致する。「遅発分数」の係数の絶対値は「早発分数」のそれより大きく、同じずれ幅であっても早発より遅発のほうが評価を下げている。このことは、第 3 章で示した仮想ダイヤセットの評価傾向において、

「[C]1本遅いダイヤ」よりも「[B]1本早いダイヤ」のほうが上位であったことと一致する。

また、特に「覚えやすさ」モデルにおける「早発分数」「遅発分数」の係数の絶対値は、1時間あたりの列車本数が多いほど大きい。運行間隔が小さいほど、その運行間隔における「1分」の重みが大きくなり、結果として「1分のずれ」が評価に与える影響も強くなっているものと考えられる。

「本数増ダミー」の係数は、「覚えやすさ」モデルでは負の値である一方「便利さ」モデルでは正の値である。両者のモデルで相反する結果が得られたのはこの説明変数のみである。一般に列車本数の増加は旅客の利便性向上に資する⁸⁾と考えられるが、既往研究³⁹⁾にもあるとおり覚えやすさも利便性のひとつの観点であることから、

この本数増加の効果をどのように捉えるかが今後のひとつの課題である。

「本数減ダミー」の係数は、いずれのモデルにおいても負であった。パターンダイヤを崩して列車本数を削減することは、覚えやすさの観点からも便利さの観点からも望ましくない。

最後に定数項を見ると、「便利さ」モデルのすべてにおいて有意に負の値となった。このことは、ダイヤの特性によらず「便利さ」の評価が低いことを示唆する。回答者に提示したダイヤの列車本数が、回答者自身が望む本数より少ないなど、鉄道の輸送サービスに対する日常の評価が影響した可能性がある。

表-5 「覚えやすさ」モデルのパラメータ推定結果

説明変数	全データ		1本/時		2本/時		3本/時		4本/時		5本/時		6本/時	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	1.151	32.67	1.252	13.589	1.411	16.10	1.234	15.13	1.657	19.64	1.689	18.70	1.400	16.275
末尾0ダミー	0.758	23.17	0.576	8.905	0.727	10.44	0.775	13.37					0.622	7.043
早発分数(分)	-0.355	-63.10	-0.212	-28.458	-0.286	-28.44	-0.447	-30.24	-0.684	-32.40	-0.728	-33.30	-0.770	-29.273
遅発分数(分)	-0.388	-65.62	-0.225	-29.228	-0.330	-30.33	-0.452	-30.37	-0.722	-33.00	-0.810	-35.08	-0.849	-30.938
本数増ダミー	-1.290	-46.68	-0.604	-8.737	-1.520	-21.25	-1.372	-19.46	-2.346	-30.98	-2.213	-29.14	-1.562	-21.384
本数減ダミー	-2.108	-70.59	-1.500	-21.139	-2.362	-30.94	-2.602	-33.26	-2.771	-34.93	-2.810	-34.91	-2.470	-31.773
定数項の標準偏差	1.685		1.802		1.659		1.524		1.556		1.743		1.592	
観測数	67,560		11,000		11,120		11,280		11,120		11,640		11,400	
回答者数	3,378		550		556		564		556		582		570	
自由度調整済尤度比	0.211		0.226		0.233		0.234		0.247		0.252		0.225	

表-6 「便利さ」モデルのパラメータ推定結果

説明変数	全データ		1本/時		2本/時		3本/時		4本/時		5本/時		6本/時	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	-0.607	-16.614	-0.531	-5.172	-0.264	-2.767	-0.749	-7.236	-0.203	-2.041	-0.213	-1.974	-0.714	-6.213
末尾0ダミー	0.202	4.733	0.109	1.345	0.185	1.776	0.148	1.974					0.075	0.503
早発分数(分)	-0.068	-13.179	-0.058	-6.861	-0.089	-8.147	-0.077	-4.477	-0.184	-7.760	-0.167	-6.213	-0.090	-2.563
遅発分数(分)	-0.074	-14.321	-0.058	-6.854	-0.093	-8.450	-0.077	-4.467	-0.189	-7.960	-0.232	-8.455	-0.128	-3.614
本数増ダミー	0.807	23.934	1.030	10.657	0.431	4.897	1.127	10.902	0.125	1.321	0.385	3.801	0.851	7.759
本数減ダミー	-1.956	-46.640	-2.210	-19.158	-2.248	-19.554	-2.063	-17.237	-2.233	-20.228	-2.323	-19.650	-1.598	-12.652
定数項の標準偏差	1.423		1.513		1.414		1.487		1.317		1.446		1.399	
観測数	54,048		8,800		8,896		9,024		8,896		9,312		9,120	
回答者数	3,378		550		556		564		556		582		570	
自由度調整済尤度比	0.192		0.227		0.186		0.220		0.166		0.193		0.176	

網掛け：有意水準5%で有意でない係数を示す

5. 発車時刻をずらすことの影響の考察

輸送施策に示唆を与える試みのひとつとして、第4章で示したモデルを活用し、完全なパターンダイヤから列車を1本だけずらすことの影響を考察する。例えば図-8のダイヤにおいて、赤点線で囲んだ「??」の列車が28分発であれば完全なパターンダイヤとなる。しかし制約等により12時28分発を設定できず、数分程度早く発車しなければならないとする。このとき、発車時刻のずれ幅があまりに大きければ、「覚えやすさ」「便利さ」の観点において、その列車が運行されないのと同じ評価になりうる。では、何分までのずれであれば許容されるであろうか。

列車本数が1本少ないことと、列車が早発することの重みは、表-5および表-6で示したモデルの「早発分数」と「本数減ダミー」のパラメータ比により比較可能である。パラメータ比により求めた本数1本減に相当する早発分数を、表-7および表-8に示す。「運行間隔で基準化した」とは、本数1本減に相当する早発分数を、そのダイヤの運行間隔（例えば毎時3本のダイヤであれば20分）で除した値である。「覚えやすさ」に関しては、運行本

時	分
10	8 28 48
11	8 28 48
12	8 ?? 48
13	8 28 48
14	8 28 48

図-8 ダイヤの例

表-7 「覚えやすさ」において本数1本減に相当する早発分数

	本数1本減に相当する早発分数(分)	運行間隔で基準化した本数1本減に相当する早発分数
1本/時	7.1	0.1
2本/時	8.3	0.3
3本/時	5.8	0.3
4本/時	4.1	0.3
5本/時	3.9	0.3
6本/時	3.2	0.3

表-8 「便利さ」において本数1本減に相当する早発分数

	本数1本減に相当する早発分数(分)	運行間隔で基準化した本数1本減に相当する早発分数
1本/時	37.8	0.6
2本/時	25.1	0.8
3本/時	26.7	1.3
4本/時	12.1	0.8
5本/時	13.9	1.2
6本/時	17.8	1.8

数が毎時1本である場合を除くすべてのダイヤについて、運行間隔の0.3倍のずれが本数1本減に相当することから、「覚えやすさ」の観点からは早発のずれ幅を運行間隔の0.3倍以内に収めることが施策上のひとつの目標であると言える。一方「便利さ」に関しては1本少ないことの重みは非常に大きく、列車本数によっては発車時刻を1運行間隔分以上ずらすことと同じ程度の重みをもつ。すなわち「便利さ」の観点からは、発車時刻が大きくずれていたとしても列車があるほうが望まれている。

6. まとめと今後の課題

本研究では、地方鉄道における、列車の発車時刻が一部ずれているなどの不完全なパターンダイヤに対する「覚えやすさ」および「便利さ」の評価の把握を目的として、完全パターンダイヤと不完全なパターンダイヤからなる仮想的なダイヤセットに対する評価を得るアンケート調査を実施した。またそのデータを用いて不完全なパターンダイヤの評価傾向を概観するとともに、ダイヤ特性を説明変数とする混合ロジスティック回帰モデルにより、それら特性が評価に与える影響を定量化した。

その結果、1本遅いダイヤより1本早いダイヤのほうが高評価であること、1本多いダイヤより完全パターンダイヤのほうが高評価であること、毎時4本あるいは5本のダイヤは評価傾向が異なることなどが明らかになった。また覚えやすさの観点からは、ある列車の発車時刻が完全なパターンダイヤから運行間隔の0.3倍以上ずれてしまうと、その列車が運行されないのと同じ評価になってしまうこと、便利さの観点からは発車時刻のずれ幅に関わらず列車の増発が望まれていることが示唆された。

最後に今後の課題を示す。まず、完全なパターンダイヤに列車を1本追加することは、覚えやすさの観点からはマイナスの効果が、便利さの観点からはプラスの効果が得られることが明らかになった。これが最終的に列車の需要にどのように影響するのか明らかにしていく必要がある。また今回実施した調査では、鉄道利用回数や主な利用目的など、回答者の普段の鉄道利用行動に関するさまざまなデータも収集した。ダイヤに対する評価を網羅的に把握していくため、これらのデータを活用して、ダイヤ評価に関するさらに詳細な分析を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 中川大, 長戸正二, 渡邊拓也, 永易雅志: 地方鉄道路線のダイヤ検討とその効果に関する一考察—JR 牟岐線の事例を踏まえて—, 土木計画学研究発表会・

- 講演集, Vol.60, 25-13, 2019.
- 2) 四国旅客鉄道株式会社：平成 31 年 3 月ダイヤ改正について（プレスリリース），https://www.jr-shikoku.co.jp/03_news/press/2018%2012%2014%2002.pdf（2021 年 9 月 7 日閲覧）
 - 3) Johnson, D., Shires, J., Nash, C. and Tyler, J.: Forecasting and appraising the impact of a regular interval timetable, *Transport Policy*, Vol.13, pp.349-366, 2006.
 - 4) Wardman, M., Shires, J., Lythgoe, W. and Tyler, J.: Consumer benefits and demand impacts of regular train timetables, *International Journal of Transport Management*, Vol.2, pp.39-49, 2004.
 - 5) 鈴木崇正, 渡邊拓也, 奥田大樹, 深澤紀子, 松本涼佑：地方鉄道路線におけるパターンダイヤの利便性評価に関する基礎的分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.62, 17-15, 2020.
 - 6) 加藤博和：なぜ鉄道廃止代替バスは乗客を減らすのか？ その検討プロセスが抱える問題に関する一考察, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.31, p.129, 2005.
 - 7) R Core Team: *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.
 - 8) 国土交通省鉄道局：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012 年度改訂版），2012.
- (xxxx.x.x 受付)

EVALUATION OF CLOCKFACE LOCAL RAILWAY TIMETABLES WITH A SMALL IRREGULARITY

Takamasa SUZUKI, Takuya WATANABE,
Noriko FUKASAWA and Daiki OKUDA

Clockface timetables, where trains depart with a constant interval, promotes further improvement of passenger convenience. Recent efforts include introduction of such clockface timetables to less-busy local railway lines. However, such effort often faces difficulty in introducing perfect clockface timetables due to connections or meetings with other trains. Therefore, in many cases clockface timetables bear a small irregularity. This paper attempts to evaluate such irregularity in clockface timetables. We first conducted a questionnaire survey to obtain data on the evaluation regarding easiness of memorizing and convenience. Collected data were then put into logistic regression models to quantify the effect of the characteristics of imperfect clockface timetables on the evaluation. Results clarify that perfect clockface timetables are even better both in terms of easiness of memorizing and convenience than those with an additional train.