

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02258

研究課題名（和文）ダイヤ改良先進国におけるタクトファープランの評価とわが国への導入の必要性と可能性

研究課題名（英文）Evaluation of Taktfahrplan in developed countries with improved timetable and necessity and possibility of introduction in Japan

研究代表者

中川 大（Nakagawa, Dai）

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・特別研究教授

研究者番号：30180251

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,700,000円

研究成果の概要（和文）：鉄道やバスなどのダイヤ改良の研究を続けてきたスイスなどの国々は、Taktfahrplanと呼ばれるダイヤづくりの概念を確立してそれを実現してきた。一方、日本では特に地方路線においてダイヤの研究や実際の改良は進んでおらず地方の公共交通が伸び悩む要因となっている。本研究では、ダイヤ研究を先進的に進めてきた国々が実施してきた研究の内容とその成果を明らかにすることによって日本におけるダイヤ研究の必要性を示すとともに、ダイヤ改良の実現可能性を具体的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本ではダイヤに関する研究は少なく、特に実際のダイヤ改良につながる研究は遅れてきた。特に地方の鉄道・バスのダイヤ作成は、熟練者によるノウハウに頼っている状況であり研究も進んでいない。国外ではスイス連邦鉄道等を中心に多くの論文があり研究と議論が進むとともに、その成果はTaktfahrplanという概念となって確立されている。本研究は著しく遅れてきた日本のダイヤ研究に対して、今後の必要性を示すとともに、ダイヤ改良の効果を明らかにすることによって実際の路線における活用につなげることを目指したものである。日本においても可能であることを示すとともに、実際に導入を目指す路線も増加するという成果も得られた。

研究成果の概要（英文）：Countries such as Switzerland, which have continued research on improving timetables for railways and buses, have established and realized the concept of timetable making called Taktfahrplan. On the contrary, in Japan, research and actual improvement of timetables have not progressed, especially on local routes, which is a factor that slows down the growth of local public transportation.

In this research, the necessity of the timetable research in Japan is shown by clarifying the contents and the results of the research carried out by the countries that have advanced the timetable research, and the feasibility of the timetable improvement is shown.

研究分野：交通計画 交通政策

キーワード：公共交通 鉄道 ダイヤ

1. 研究開始当初の背景

スイスやオーストリアなどを中心とする欧州の各国では、1980年頃から公共交通ダイヤに関する研究が継続的に進められ、その成果を活かして実際のダイヤも便利で洗練されたものに改良されてきている。これらの国で研究と実践を繰り返しながら確立されてきた新しいダイヤ概念は、ドイツ語で Taktfahrplan (研究課題名では「タクトファープラン」と記している)と呼ばれる。Takt は指揮者などが持っているタクトのことであり、Fahrplan は時刻表のことである。タクトに従うように各路線の各便が協調的に動いているというイメージからのネーミングである。各路線の毎時の出発時分を同一にして、接続パターンも定型化したダイヤを地域全体で実現するもので、利便性の向上だけでなく、乗務員や車両運用の効率化にもつながるなど、公共交通システム全体の近代化の要となっている。

一方、日本では大都市圏の民間鉄道路線などにおいては、世界に先駆けて利便性の高いダイヤを実現してきたが、地方路線においてはダイヤの研究や改良は進んでおらず、国鉄時代から進化していない路線の方が多い現状である。また、鉄道ダイヤの改良が進まないためそれに接続するバス路線のダイヤ改良も進まず地方の公共交通が伸び悩む要因となっている。

図1はスイスにおけるダイヤ概念の変化を示したものであるが、左の図は個別路線のダイヤを描いていた時代のアウトプットで、日本でダイヤグラムと呼ばれているものである。右の図は近年のダイヤ作成のアウトプットとなっているもので、地域内の各路線のダイヤを統合的に表した「ネットワークグラフ」と呼ばれる図である。このように、ダイヤ作成技術は1本の路線のダイヤを描くことではなく、地域全体・国全体のダイヤを統一したコンセプトで作成し、最適化するまでのプロセス全体を含めた技術となっているのに対して、日本においてはこういった研究はほとんど行われておらず、とりわけ異なる事業者間のダイヤを整合させる方法については地方圏だけではなく大都市圏においても検討が進んでいない状況にある。日本の鉄道技術は全体としては世界最高水準であるとも言えるにもかかわらず、ダイヤに関してはこういった基礎的な研究が進んでいないことによって、実際の路線においても取り組みが遅れる結果となっている。日本の鉄道、とりわけ地方鉄道の活性化のためにはダイヤ研究を活発化させ、それを実務につなげていくことが重要である。

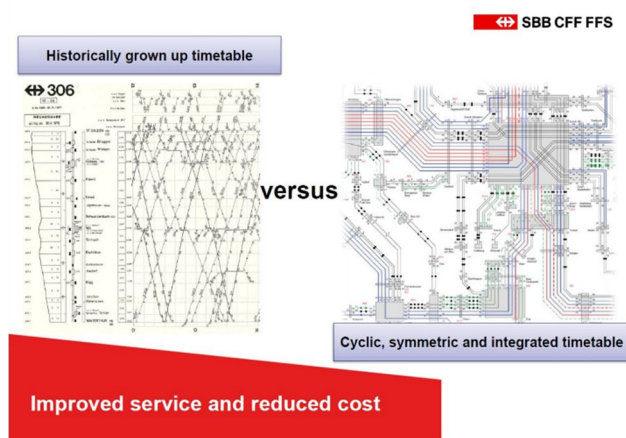


図1 スイスにおけるダイヤ概念の変化

2. 研究の目的

多くの人々は日本の鉄道ダイヤは世界的にみて優れたものであると考えているように思われるが、それは大都市圏の一部の路線のことであり、地方路線のダイヤ改良は極めて遅れている。本研究では、まずダイヤ研究を先進的に進めてきた国々が実施してきた研究内容とその成果を整理して、その有効性を示すことによって日本におけるダイヤ改良の遅れの現状を明らかにするとともに、ダイヤ研究とダイヤ改良を推進することの必要性を示す。また、日本におけるダイヤ改良の現状分析として、地方鉄道路線でどの程度のダイヤ改良が行われてきているかを調べて分析する。日本においては Taktfahrplan の概念そのものが知られていないため、それを実施していると言える地域はないが、その最初の一步となるパターンダイヤ化については実施している路線もあるためその浸透度合いを調べるとともに、パターンダイヤ化の程度による利用者数の推移の違いについて分析する。さらに、Taktfahrplan の構築を進めてきたスイスにおける都市間の利便性向上の状況を日本と比較することによってその効果を把握する。これらの分析を踏まえたうえで、わが国における Taktfahrplan の必要性と可能性を示すため、具体的な地域における Taktfahrplan の案を提示する。さらに、それらを踏まえて、各地の自治体や事業者と情報交換することによって実際のダイヤ改良につなげていくことを目指す。

3. 研究の方法

1) Taktfahrplan 概念の確立までの経緯の整理

Taktfahrplan は英語圏では確立した概念とはなっていないため定着した英語訳はまだないが、スイス連邦鉄道の英文資料では、Cyclic, symmetric and integrated timetable と表現されている。このうち、Cyclic は毎時同じ発着時分を繰り返すことを意味しており、パターンダイヤとも呼ばれて日本でもよく知られた概念であるが、Symmetric は日本では明確には意識されてい

ない。ダイヤグラム全体が左右対称で Symmetric なダイヤとなっていることを意味しているが、特に、複線においても意識的に左右対称のダイヤとなっていることが重要である。このような Symmetric なダイヤによって、主要駅に各方向の列車が定期的集まることになるため路線間の相互の乗り換えが可能となる。複線路線の上下の列車を主要な接続駅にほぼ同時に到着させるという考え方は、わが国ではまだ広く認識されてはいない。スイスなどでは 20 年以上の年月をかけてこの概念を確立しており、この概念の確立過程とそれをどのようにして実際のダイヤとして実現してきたかを明らかにする。

また、Integrated は、複数の路線のダイヤが統合的に構成されているということである。Cyclic なダイヤを Symmetric に描いたうえで、さらに接続する路線間のダイヤの整合を図ることになるが、これはダイヤ作成の技術だけでは実現は難しく、その達成のために設備投資等を行う必要がある場合もある。スイスなどはこの目標に向かって、すれ違い設備の設置や車両性能の向上、信号システムの改良等の設備投資に努めてきたことによって実現できたものであるため、その具体的な内容を明らかにする。

2) わが国における Taktfahrplan の必要性と可能性に関する分析

Taktfahrplan には成立条件があるため、現状のネットワークのままでは構築しにくい。Taktfahrplan を構成する 3 要素のうち Cyclic は、パターンダイヤとも呼ばれて日本でもよく知られている概念である。しかしながら日本の地方路線ではパターンダイヤすら取り入れている路線はまだ少なく、とりわけ JR の地方ローカル線ではほとんど取り入れられていないことからその現状について分析する。また、事業者がダイヤ改良の重要性を認識して改善に向かうインセンティブが働くように、実際の地方路線におけるパターン化の程度と利用者数の増加の関係を分析することによって、ダイヤ改良の現実面での効果を定量的に明らかにする。

3) Taktfahrplan 実施国における鉄道利便性向上効果の計測

Taktfahrplan を実施してきたスイスの地方都市間の鉄道所要時間の変遷を、日本の地方都市間と比較することによって Taktfahrplan の効果を把握する。スイスにおいては、大規模なプロジェクトを実施していない区間においても全体の利便性を高める工夫がされており、その実際の効果を明らかにする。

4) 具体的地域を対象とした Taktfahrplan の案の提示

地方都市圏の公共交通ネットワークを対象として実際に Taktfahrplan の案を提示する。対象地域としては、富山県地域をとりあげ具体案を提示する。また、自治体や事業者と情報交換を行い、実際の地域における普及を進める。

4. 研究成果

1) Taktfahrplan の研究成果とその成果に関するサーベイ

欧州における Taktfahrplan の研究経過等に関して文献サーベイを行うとともに、現地の研究者および実際のダイヤ作成担当者との情報交換を行った。

その結果、スイス、オーストリア等の国々と日本ではダイヤ作成に関する考え方が大きく違うこと明らかとなった。とりわけ、需要に応じてダイヤを決めるという考え方が基本となっている日本と比較して、これらの国ではダイヤのパターン化や接続改善によって、利用のためのポテンシャルをあげることを基本とする考え方に変わっていることがわかる。

また、Taktfahrplan の実施によって、期待所要時間の改善とそれに伴う利用者増などの利用者側からの利点だけではなく、車両や乗務員のローテーションなども同時に最適化することなどによって経費についても大幅に削減されていると報告されている。

そのために実施されてきたのは、車両の改良、平面線形・縦断勾配の改良、バイパスとなる新線建設の実施などであり、長い年月をかけて達成したことがわかる。

2) 日本の状況

地域鉄道と JR 路線のパターン化のデータを集計して発表した(「全国の地方鉄道における列車ダイヤのパターン化と輸送密度の経年変化分析、中川 大、鈴木 克法、松中 亮治、大庭 哲治、土木学会論文集 D3(土木計画学), 77 巻 4号 pp316-329、2021 年 11

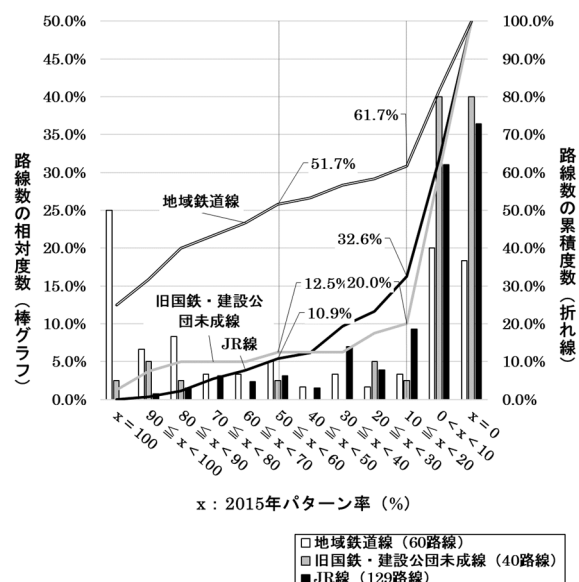


図-2 事業者分類別の 2015 年パターン率の分布

月)

パターン化の度合いを測るパターン率を定義して、全国 128 の地方鉄道路線を対象として 2005 年と 2015 年を対象としてパターン率を調べた。図-2 に示すようにパターン率が 50%を上回る路線は、2015 年時点において、地域鉄道でも半数程度に留まり、JR 線では 10%程度に過ぎない。また、図-3 に示すように、2005 年から 2015 年の間においてもパターン率が高まった路線がある一方で、パターン率が低下した路線もあり、全体としてはほとんど増加していないという状況であることがわかる。また、高いパターン率を継続してきた路線は低いパターン率が続いてきた路線と比較して、輸送密度の増加率が 10 ポイント程度高く、両者の違いは 1%有意水準で有意な差があることも示した。このように単独の路線におけるパターンダイヤ化であっても効果が大きいことが示されたが、一方では、その実施率は低い状況に留まっており、本研究における知見は、自治体や事業者等との情報交換によってさらに浸透させていく必要があると考えられる。

3)Taktfahrplan 実施国とわが国の鉄道利便性向上の比較

Taktfahrplan の構築を長年にわたって進めてきたスイスにおける都市間交通の利便性向上について、日本との比較において分析した。具体的には、両国における地方都市間の所要時間に関して 1987 年、2005 年、2021 年のデータを作成し、経年比較を行った。

求めた指標は、期待所要時間・最短所要時間・実運行時損失時間で、これらの経年的な変化や、両国の違いなどを分析・考察した。図-4 はその結果の一例として期待所要時間の 05 年から 21 年への変化を表したものである。これらの一連の分析より以下のことを明らかにした。

- a)スイスと日本の分析の結果、2005 年から 2021 年にかけては、日本において期待所要時間が減少(改善)したペアは半数程度であるのに対し、スイスのペアの多くは期待所要時間が減少していた。
- b)実運行時損失時間と呼ばれる指標を用いて、乗り換えに要する時間や、運行頻度・運行間隔などに起因する所要時間の経年的変化を分析した。その結果、2005 年から 2021 年にかけては、日本のペアの多数で指標は悪化していた。対してスイスでは、指標が改善しているペアが多くを占めていた。
- c)実運行時損失時間が期待所要時間に占める割合を求めた結果、日本では、経年的にほぼ横ばいの傾向であったが、スイスにおいては、経年的に大幅に減少しており、また日本とスイスの両国を比較すると、日本において、実運行時損失時間が占める割合が大きいことが分かった。
- d)最短所要時間の減少量が同程度の、日本とスイスのペア同士を比較・分析した結果、2005 年から 2021 年に関して、最短所要時間の減少量が同程度であるペアで、日本のペアの多くは実運行時損失時間を増加させているのに対して、スイスのペアの多くは実運行時損失時間を減少させていた。また、これらのペアを比較し、実運行時損失時間の減少が期待所要時間の減少に寄与していることを示した。

以上のように、最短所要時間が変わらなくても期待所要時間を大きく減少させることができるという Taktfahrplan の効果が現れていることが明らかになった。

4)実施案の提示と実際路線での普及

Taktfahrplan が実際にわが国で実施できるかどうかの検討のため、富山県地域においてダイヤの試案を作成した。富山県は主要駅間の所要時間が概ね 30 分の倍数となっていて

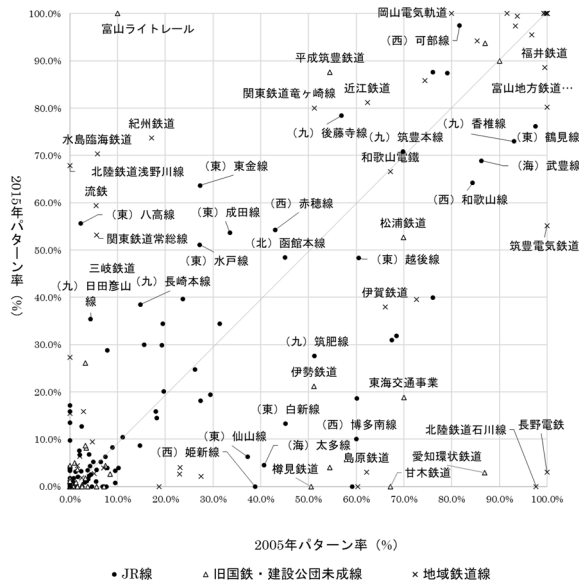


図-3 2005 年から 2015 年にかけてのパターン率の変化

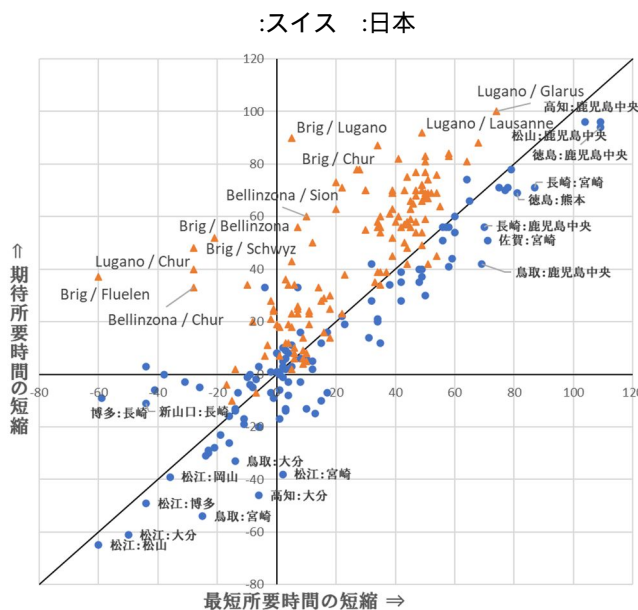


図-4 Taktfahrplan の実施を進めたスイスの利便性向上 (2005 年から 21 年への変化・日本との比較)

Taktfahrplan の成立に比較的向いていることを明らかにするとともに、単線路線におけるすれ違い設備を一部新設すれば Taktfahrplan の実現にかなり近づくことを示した。

また、本研究で得た知見は、各地の自治体・事業者と情報共有することに努めてきており、その結果、情報交換を進めてきた J R 四国管内において土讃線、予讃線、高德線、鳴門線などで研究期間内においてパターン化が実現している。また、全国の他の路線においても少しずつ導入がみられるようになってきている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 中川 大 | 4. 巻 Vol169、346号 |
| 2. 論文標題 地方圏における都市と鉄道の新しい関係 ネガティブな循環からポジティブな循環への転換のために | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 都市計画 | 6. 最初と最後の頁 42-45 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 中川 大, 鈴木 克法, 松中 亮治, 大庭 哲治 |
| 2. 発表標題 全国の地方鉄道における列車ダイヤのパターン化と輸送密度の経年変化分析 |
| 3. 学会等名 土木学会論文集D3（土木計画学） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 清水 省吾, 中川 大, 金山 洋一, 本田 豊, 村尾 俊道 |
| 2. 発表標題 地方鉄道再生の合意形成過程において市民組織が果たした役割に関する研究 福井県における事例を踏まえて |
| 3. 学会等名 土木学会論文集F5（土木技術者実践）, |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 ヴァンソン藤井由実, 中川 大, 金山 洋一, 本田 豊 |
| 2. 発表標題 都市政策・交通計画実現に向けての合意形成 - フランス・ストラスブール市とアンジェ市を対象として - |
| 3. 学会等名 土木計画学研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 清水省吾、中川大、本田豊、金山洋一、村尾俊道 |
| 2. 発表標題 既存の鉄軌道インフラの活用の事例および可能性について 北陸の事例を中心に |
| 3. 学会等名 土木計画学研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中川大、森雅志、本田信次、高森長仁 |
| 2. 発表標題 わが国の地方都市における都市政策と 交通政策の関係に関する一考察 |
| 3. 学会等名 土木計画学研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 高柳百合子、中川大、本田豊、阿久井康平、金山洋一 |
| 2. 発表標題 地方都市における都市政策の実際 に関する一考察 |
| 3. 学会等名 土木計画学研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 本田豊、ヴァンソン藤井由実、中川大、金山洋一 |
| 2. 発表標題 フランスにおける都市空間再編成の政策 |
| 3. 学会等名 土木計画学研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|