

鉄道の高速化と生活空間の構成 —高速鉄道の導入方式の効果—

【2023年度 KR-098】

九州大学 大学院工学研究院
環境社会部門 准教授
大枝 良直

九州大学 大学院工学研究院
環境社会部門 都市・交通工学研究室
久良木 隆晴

1. 調査研究の背景

現在、日本各地で新幹線路線が誘致または調査されている。新幹線を建設するとそれまでの在来線時代から時間短縮が図られ、距離が遠い他の地域との交流人口が増えるというメリットがあると思われる。しかしこれからの人口減少の時代、新幹線を在来線と別個に建設すると、過剰な投資になってしまい、新幹線と在来線のどちらかが取捨選択されてしまう可能性もある。特に整備新幹線開業後に並行する区間の在来線特急が存続することは少ない。従来の新幹線（フル規格）は駅間距離が長く、在来線は駅間距離が新幹線に比較して短い傾向にある。従って本来フル規格新幹線というのは長距離輸送に向いており、在来線は近距離輸送に向いているものである。新幹線の開業で在来線が経営分離または廃止となれば、細かい駅間距離の間での鉄道による人の交流が衰えてしまう可能性がある。また、在来線特急時代に拾うことができた小規模な駅の需要をフル規格新幹線ではカバーできない可能性もあり、その駅周辺が衰退してしまうことも場合によってはあり得る。「その地域を無視してもフル規格を整備すべきか」、それとも「多少速達性が失われても新在直通運転をして細かく利用客を拾い集めるべきか」を考えるのは、これから地方に新幹線を整備する上で非常に重要な観点だと考えられる。そのような観点をもって、様々な新幹線の整備方式が検討するのは意義があると考えられる。そこで代表的な地方の新幹線である西九州新幹線（武雄温泉～新鳥栖）を題材に整備方式を検討する。日本ではフル規格の新幹線やミニ新幹線など高速鉄道にいくつかのバリエーションがあるが、生活圏域を構成するうえでその高速鉄道が提供できるサービス（所要時間、運行頻度、

利用駅数や配置）を考慮する必要がある。その導入方式についていくつかの視点、本研究では3つ、地域の鉄道としてのサービスの視点（沿線上の集客）、運用上の視点（保守管理）、高速鉄道としての広域のサービスの視点、を考慮して行った。

2. 調査研究の概要

(1) 本研究はシステム構成の観点から駅配置を扱う分析1、運営・経営の観点から保守管理費を扱う分析2、利用客の観点から運賃・営業速度・乗換のハンドルを扱う分析3で構成する。分析1では、整備方式と新設される駅の位置によってその新幹線の集客力が変わると考える。ここでは、整備方式ごとの沿線駅の集客力という指標を考えることにした。分析2では、鉄道の運用上の視点の一つとして整備方式ごとの保守管理費を取り上げる。分析3では、もともとの高速鉄道が持つ強みである中長距離帯における需要に焦点を当てる。ここでは、ロジットモデルを用いた交通需要予測を用いることにした。これらの分析を用いて、西九州新幹線における整備方式を比較検討する。本研究で検討する西九州新幹線（新鳥栖～武雄温泉）の整備方式については表1の通りに仮定した。表1に示すようにまず、整備形態を「在来線と別個に線路を整備（フル規格）」（整備形態1）と「在来線を活用」（整備形態2）と2つに分け、整備形態1については、フル規格新幹線のみを対象にして、ルートを表中に示すようにA～Dのルートを設定し、整備形態2については、在来線と新幹線の導入を軌条の形式によってA～Dの4つの形式を設定した。以下、各整備方式は表1中の数字英文字を用いた略称（'1A'など）を文中で用いる。なお、整備形式1のA～Dのルートを具体的に図1に示す。

表 1 整備方式名称表

整備形態	整備方式略称	内容
1. 在来線と別個に線路を整備 (フル規格)	A	佐賀市の都市部から北側に離れている
	B	佐賀駅経由で都市部を通る
	C	佐賀市の都市部から南側に大幅に離れており、佐賀空港を経由
	D	佐賀市の都市部から若干離れるが、BとCの中間地点付近を経由
2. 在来線を活用	A	小柄な車体の新幹線車両が使用される + 在来線車両が標準軌の新型車両 (標準軌化)
	B	小柄な車体の新幹線車両が使用される + 在来線車両が狭軌の従来車両 (三線軌条)
	C	在来線と新幹線が上下それぞれの方向で並走可能 (線路が各方向2本ずつ存在)
	D	在来線が新幹線規格で高架化され、高架橋に在来線と新幹線が両方走る (複線三線軌条)



図 1 新幹線フル規格のルート図

表 2 パラメータ値 (有意水準 5 %)

パラメータ名	パラメータ値	P値	t値
A_0	9.54×10^{-4}	$1.83 \times 10^{-5} \cdots$	-5.44
A_1	1.34	$8.94 \times 10^{-11} \cdots$	11.5
A_2	2.82×10^{-1}	$1.51 \times 10^{-2} \dagger$	2.64
A_3	1.61×10^{-2}	$4.87 \times 10^{-2} \dagger$	2.09

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; $\dagger p < 0.1$

表 3 乗降客数推定値

建設方式	乗降客数 (人/日)	整備方式	乗降客数 (人/日)
1 A (フル北)	6778	2 A (ミニ改軌)	19247
1 B (フル佐賀)	18748	2 B (ミニ三線)	19247
1 C (フル空港)	5269	2 C (複々線)	19247
1 D (フル南)	7131	2 D (フル高架三線)	19247

(2) 分析 1 は式 (1) を対数変換した上で「沿線駅の集客する人口 ps 」の重回帰式を用いて乗降客数を推定した。推定にあたり 2018 年の JR 九州路線別利用状況と収入¹⁾ より、沿線上の 1 日あたりの駅の乗降客数のデータを実測値とした。

$$ps = A_0 \cdot \exp(A_2 \cdot x) \cdot \exp(A_3 \cdot \sum_{i=1}^n G_i) \cdot p^{A_1} \quad (1)$$

なお、式 (1) は万有引力の式をヒントに、次の式 (2) で表すこととする。

$$G_i = \frac{M_i \cdot m \cdot N_i}{C_i \cdot t_i} \quad (2)$$

ps は 1 日あたりの沿線上の駅の乗降客数 (人)、 p は駅から半径 3km 以内が全て市街地だと仮定した時の人口 (人)、 x は駅から市 (区) 役所までの距離の逆数 (1/km)、 i は行き先となる都市を表す添字番号、 M_i は行き先となる都市の人口 (万人)、 m は駅のある人口 (万人)、 N_i は行き先となる都市への特急列車や新幹線の本数 (本/日)、 C_i は行き先とな

る都市への鉄道運賃 (円)、 t_i は行き先となる都市への所要時間 (分) である。 $A_0 \sim A_3$ はパラメータである。先に述べた 2018 年の沿線の乗降客数をもとに算出したパラメータを表 2 に示す。これをもとに乗降客数を推定した結果、表 3 に示すように在来線活用方式である 2A～2D が現状維持や 1A～1D よりも沿線駅の人口を集めることができると分かった。これは 2A～2D が既存の在来線の駅の需要をカバーできるということを示していると考えられる。

(3) 分析 2 は以下の「線路の保守管理費 mc 」の重回帰式 (3) を構成し推定した。

$$mc = B_1 \cdot sl + B_2 \cdot bl + B_3 \cdot w \quad (3)$$

mc は路線の保守管理費 (億円)、 sl はスラブ軌道延長 (km)、 bl はバラスト軌道延長 (km)、 w は列車の通過総重量 (t) で、 B_1 、 B_2 、 B_3 はパラメータである。推定にあたり、2018 年度の鉄道統計年報²⁾ より、JR 各社の全営業費 (億円)、全輸送人キロ (億

人・km)、全保守管理人件費(億円)、全線路延長(km)のデータを用いた。算出した表4に示すパラメータを用いて推定した結果、表5に示すように整備方式2Dは複線三線軌条を採用しているにもかかわらず最も保守管理費が小さく経済的であると分かった。これは2Dの場合、必然的にスラブ軌道を用いるため三線軌条にしたとしても維持管理が省力化されているからだと考えられる。

(4)分析3は以下の式(4)から式(6)までについて、前回の研究をもとにロジスティック回帰分析を用いて旅客数推定を行なった。

$$U_{od}^m = V_{od}^m + \varepsilon_{od}^m \quad (4)$$

$$V_{od}^m = a^m + a_1 \cdot f_{od}^m + a_2 \cdot t_{od}^m + a_3 \cdot h_{od}^m + a_4 \cdot s_{od}^m \quad (5)$$

$$P_{od}^m = \exp(V_{od}^m) / \sum_m \exp(V_{od}^m) \quad (6)$$

ここに、 V_{od}^m は効用の確定項、 ε_{od}^m は効用の誤差項である。 m は代表交通機関を、 od は発着地の組合せを表す。 f_{od}^m は費用(円)、 t_{od}^m は所要時間(分)、 h_{od}^m

は途中ハードル、 s_{od}^m は日帰りダミーを表す。 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 はパラメータ、 a^m は定数項で、自動車のパラメータ $a^c=0$ とする。 P_{od}^m は交通手段選択率である。この分析を仕事平日、観光平日、仕事休日、観光休日の場合に分けて行なった。パラメータ推計にあたって、平成27年度全国旅客流动調査、JR九州の乗降客数データなどを用いた。推定したパラメータを表6に、推定した旅客数と実測値の関係を図2に示す。また、図3と図4に対象としたODの一部の手段別の旅客数推定結果を示す。この推定結果、2A～2C全通での鉄道利用者数はフル規格全通での鉄道利用者数よりも大幅に少なく、暫定開業時の利用者数とさほど変わらないODが多かった。一方、2D全通の鉄道利用者数はフル規格全通の鉄道利用者数よりもわずかに少ないだけできほどの変わらず、ODによっては2D全通の鉄道利用者数がフル規格全通の鉄道利用者数よりも多くなるものもあった。これは2Dが在来線活用型の新幹線整備方式でありながら、フル規格に準じた速度を出せることで所要時間が現状の場合よりも短くなったからだと考えられる。

表4 パラメータ値(有意水準5%)

パラメータ名	パラメータ値	P値	t値
B ₁	2.26 × 10 ⁻²	1.68 × 10 ⁻⁷ ***	8.22
B ₂	5.00 × 10 ⁻²	1.12 × 10 ⁻³ **	3.87
B ₃	7.75 × 10 ⁻⁶	4.75 × 10 ⁻¹	7.30 × 10 ⁻¹

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05; †p < 0.1

表5 年間の保守管理費推定値

建設方式	保守管理費(億円)	整備方式	保守管理費(億円)
1A(フル北)		2A(ミニ改軌)	6.08
1B(フル佐賀)		2B(ミニ三線)	8.03
1C(フル空港)	7.71	2C(複々線)	10.00
1D(フル南)		2D(フル高架三線)	3.34

表6 パラメータ値(有意水準5%)

	パラメータ値	t値
費用	-1.17 × 10 ⁻⁴	-5.90
所要時間	-4.83 × 10 ⁻³	-8.63
途中ハードル	-6.20 × 10 ⁻²	-2.03 × 10 ¹
日帰りダミー	3.02	9.01
航空定数項	-2.30	-6.47
鉄道定数項	-9.75 × 10 ⁻¹	-3.77 × 10 ²
船定数項	-3.81	-2.07 × 10 ¹
バス定数項	-3.20	-4.47 × 10 ¹
自家用車定数項	一律0	-----

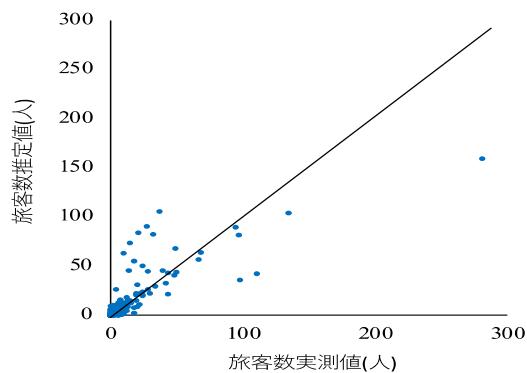


図2 モデル推定値と実測値

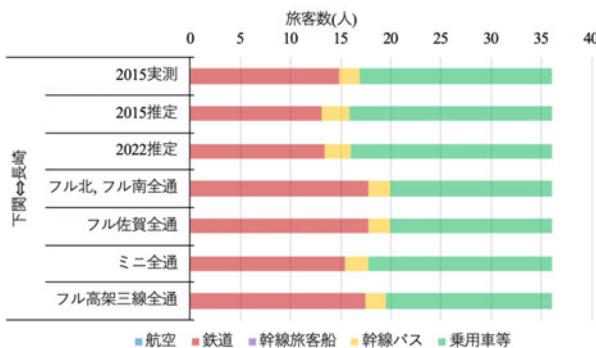


図3 下関—長崎（仕事休日）

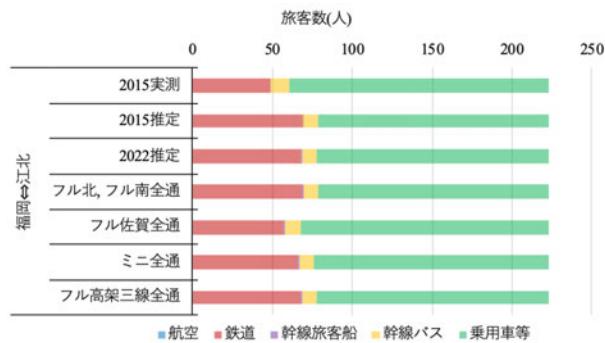


図4 福岡—江北（仕事休日）

3.まとめ

本研究は、2022年度に部分開業した西九州新幹線沿線に焦点をあて、新たに高速鉄道網に組み込まれる佐賀、長崎への影響に注目しながら、その高速鉄道の導入方式やルートなどを沿線地域からの需要（利用客数）、運用上の扱い方（保守管理）、そして高速鉄道としてのサービス能力（他地域からの利用客数）に焦点をあてどのような導入方式が良いのかを検討した。

分析1（沿線地域からの利用客数）では新在直通方式（2Aから2D）が、分析2（保守管理）の結果では2Dが、分析3の結果フル規格と2Dが優位であると分かり、西九州新幹線では整備方式2D、つまり沿線人口を拾いながらもスピードアップを図る方式が優位であることが示唆された。本研究では、建設コストなど考慮しておらず、いくつかの観点のみからの分析であるため、総合的に2D方式が有意であるとは結論づけることはできないが、在来線上に需要が見込めることが、スラブ軌道化により初期コストはかかるが保守管理費が抑えられることなどが今回の研究により明らかになった。西九州新幹線のような地方中距離帯の高速鉄道では、この方式も議論されるべきであることが示された。□

謝辞

本研究は一般財団法人研友社の調査研究の研究費助成を得て実施したものである。

参考文献・引用文献

- 1) 九州旅客鉄道株式会社：線区別ご利用状況（2018年度），2020
- 2) 国土交通省：平成27年度全国幹線旅客純流動調査，https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000010.html
(参照日：2024年2月10日)