

地方部における新幹線の最適規格の評価手法 ～四国新幹線を対象として～

Evaluation method of optimal type of high-speed rail lines in local regions

: A case study for Shikoku Shinkansen

佐藤徹治研究室 1974002 市塚 大暉

1. はじめに

2022 年末に北陸新幹線（金沢～敦賀間）、2027 年に中央新幹線（品川～名古屋間）、2030 年に北海道新幹線（新函館～北斗～札幌間）など、近い将来に高速鉄道の延伸や新設が計画されている。一方、四国新幹線は、1973 年に基本計画路線図が策定され、本州と四国を結ぶ瀬戸大橋は新幹線が走行することを想定して整備されているにも関わらず、四国新幹線の整備は着手されていない。また、四国は全国の中で唯一新幹線が整備されておらず、整備されている地域との格差が広がっていくと考えられる。こうした中で、四国新幹線が実現することで地方創生や地域活性化につながる可能性がある。

高速鉄道整備の影響分析に関する既往研究としては交通手段分担率の変化を推計した武藤ら(2001)¹⁾、SCGE モデルを用いて経済効果を計測した土谷ら(2009)²⁾、地域計量経済モデルを用いて経済効果を計測した SATO(2015)³⁾ 等がある。しかし、これらの研究では、高速鉄道整備が出張時間を短縮し、仕事に専念できる時間を増やし、企業の潜在的な生産力を向上させるメカニズムは考慮されていない。また、交通分担率の変化と経済効果の両方を分析し、それに基づいて最適な新幹線の規格を提案している研究も見当たらない。

本研究では地方部における新幹線の整備の可否、最適な規格を評価できる手法を提案することを目的とする。また、四国 4 県を対象とする実証モデルの構築を行い、費用対効果分析より、望ましい四国新幹線の規格の提案を行う。

2. 新幹線整備の影響と評価手法の枠組み

四国新幹線が開通すると、四国から他の地域への移動に必要な時間が短縮される。このような時間の短縮は地域での仕事に専念することができる時間を増加させると考えられる。また、地域の生産性を向上させる可能性があるだけでなく、地域への入込客数の変化や地域への交通機関の利用パターンの変化にもつながる可能性がある。その結果、各交通手段の需要が変化する可能性がある。また、入込客数の変化は他地域への輸出の変化をもたらす。これは、地域の地域経済に影響を与える可能性がある。

評価手法は、地域計量経済モデル、入込客数推計モデル、交通手段別需要推計モデル、費用対効果分析で構成され

る。評価手法の枠組みを図-1 に示す。

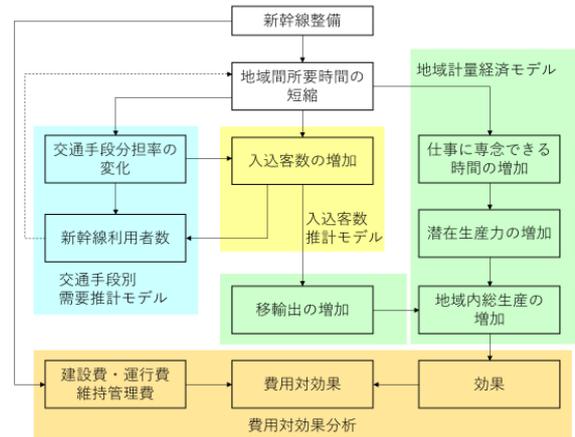


図-1 評価手法の枠組み

3. 地域計量経済モデルの構築

3.1 概要

四国新幹線の整備により、入込客数が変化することで移輸出が変化し、地域内総需要に変化をもたらすと考えられる。また、四国から他の地域への移動に要する時間の短縮による仕事に専念できる時間の増加との関係を説明するため、(1)式で表される新たな生産関数を提案する。また、その他の関数を(2)～(9)式に示す。

$$X_{r,t} = X_{r,t} \left(\begin{matrix} ROW_{r,t} \cdot KP_{r,t}, LH_{r,t} \cdot NW_{r,t} \\ - \sum_s \sum_m K_{B,rs,m,t} \tau_{rs,m,t} \end{matrix} \right) \quad (1)$$

$$GRE_{r,t} = CP_{r,t} + IP_{r,t} + IHP_{r,t} + CG_{r,t} + IG_{r,t} + Z_{r,t} + NE_{r,t} + \Delta E_{r,t} \quad (2)$$

$$KP_{r,t} = (1 - \eta_r) KP_{r,t-1} + IP_{r,t} \quad (3)$$

$$NW_{r,t} = NW_{r,t} (NW_{r,t-1}, POP_{r,t}, GRP_{r,t}) \quad (4)$$

$$\frac{CP_{r,t}}{POP_{r,t}} = \frac{CP_{r,t}}{POP_{r,t}} \left(\frac{YH_{r,t}}{POP_{r,t}} \right) \quad (5)$$

$$YH_{r,t} = YH_{r,t} (GRP_{r,t}) \quad (6)$$

$$IP_{r,t} = IP_{r,t} (GRP_{r,t-1}) \quad (7)$$

$$IHP_{r,t} = IHP_{r,t} (POP_{r,t}, YH_{r,t}) \quad (8)$$

$$GRP_{r,t} = GRP_{r,t} (X_{r,t}, GRE_t) \quad (9)$$

ここで、 X は潜在生産力、 ROW は民間資本稼働率、 KP は民間資本ストック、 LHR は平均労働時間、 NW は就業者数、 K_B はビジネストリップ数、 τ は所要時間、 GRE は地域内総需要、 CP は民間消費支出、 IP は民間設備投資、 IHP は民間住宅投資、 CG は政府最終消費支出、 IG は公的総資本形成、 Z は在庫投資、 NE は純移輸出、 ΔE は移輸出の変化、 POP は人口、 YH は家計可処分所得、 GRP は地域内総生産を示す。

3.2 定常性の検証

時系列データを用いて各関数のパラメータ推定を行う際、時系列データが定常性を満たさない場合、パラメータ推定結果の信頼性が小さいことが知られている。定常性の検証はADFテストにより行い、検証の結果、非定常になったデータについては、1階の階差を取り再度検証を行う。本研究では、原系列、もしくは1階の階差系列が0.1以下で定常とみなす。表-1に愛媛県の変数の定常性の検証結果(P値)を示す。

表-1 愛媛県の定常性の検証結果 (P値)

関数	P値	原系列				一階の階差系列				推定期間
		ラグ	トレンド	定数項	P値	ラグ	トレンド	定数項		
総生産	$\ln(GRP/NW \cdot LH \cdot BT)$	0.0507	1	-	✓	-	-	-	-	1991-2015
一人当たりの民間消費支出	$\ln(KP \cdot ROW / NW \cdot LH \cdot BT)$	0.0544	0	-	✓	-	-	-	-	1991-2015
民間消費支出	CP / POP_t	0.5600	0	✓	✓	0.0076	0	1	11	2007-2016
民間設備投資	YH_t / POP_t	0.1092	1	✓	✓	0.0024	0	1	9	2007-2016
民間資本ストック	KP_{t-1}	0.0004	0	-	✓	-	-	-	-	1981-2016
民間住宅投資	IP_t	0.0001	0	-	✓	-	-	-	-	1981-2016
就業者数	GRP_{t-1}	0.0405	8	-	✓	-	-	-	-	1981-2016
民間住宅投資	NW_t	0.0421	1	-	✓	-	-	-	-	1981-2016
民間住宅投資	IHP_t	0.6774	1	✓	✓	0.0182	0	✓	✓	1982-2016
民間住宅投資	POP_t	0.0438	0	✓	✓	-	-	-	-	1992-2016
家計可処分所得	YH_t	0.0803	4	-	✓	-	-	-	-	1992-2016
家計可処分所得	YH_t	0.0163	7	✓	✓	-	-	-	-	2006-2016
家計可処分所得	GRP_t	0.0759	0	-	✓	-	-	-	-	2006-2016

3.3 パラメータ推定と現況再現性

各関数のパラメータ推定は、経済財政モデル等の1980年～2015年までのデータを用いて、OLS(最小二乗法)により行う。生産関数(1)'式の四国各県の総生産のパラメータ推定結果を表-2、民間資本ストック(3)'式のパラメータ推定結果を表-3に示す。

$$\frac{X_{r,t}}{LH_{r,t} \cdot NW_{r,t} - \sum_s \sum_m B_{rs,m,t} T_{rs,m,t}} = \alpha_r + \sum_i \alpha_{i,r} D_{i,r} + \beta_r \frac{ROW_{r,t} \cdot KP_{r,t}}{LH_{r,t} \cdot NW_{r,t} - \sum_s \sum_m B_{rs,m,t} T_{rs,m,t}} \quad (1)'$$

$$KP_{r,t} - IP_{r,t} = \beta_r KP_{r,t-1} \quad (3)'$$

表-2 (1)'式のパラメータ推定結果

	α	β	修正R ²	D.W.	推定期間
徳島県	-1.1979 (-1.071)	0.9015 (7.488**)	0.9154	2.5909	2005-2015
香川県	-4.4239 (-12.754)	0.0967 (13.273**)	0.9237	1.7125	1991-2015
愛媛県	-4.6756 (-16.799)	-0.0566 (15.774**)	0.9116	1.9092	1991-2015
高知県	-4.3528 (-9.317)	0.5324 (10.268**)	0.9228	1.5801	1995-2015

()内の値はt値、**は1%有意。ダミーのパラメータは省略。

表-3 (3)'式のパラメータ推定結果

	β	修正R ²	D.W.	推定期間
徳島県	0.8936 (310.447**)	0.9421	2.4666	2000-2016
香川県	0.9064 (412.305**)	0.9932	0.5664	1981-2016
愛媛県	0.9165 (392.495**)	0.9927	0.4138	1981-2016
高知県	0.8961 (449.324**)	0.9670	0.5268	2006-2016

()内の値はt値、**は1%有意。ダミーのパラメータは省略。

四国各県の地域内総生産の実績値及び各関数の推定結果を踏まえたファイナルテストにおける推計値の平均絶対誤差率(MAPE)はそれぞれ、徳島県2.81%、香川県2.39%、愛媛県0.92%、高知県0.67%となった。

4. 入込客数推計モデルの構築

4.1 概要

四国各県における入込客数を推計するにあたって、地域間所要時間と入込客数の関係を表す入込客数推計モデルをビジネス、観光目的別に構築する。入込客数推計モデルを(10)、(11)式に、また、一般化費用の推計式を(12)式に示す。

$$\ln K_{B,sr} = \alpha_B + \beta_B \ln(NW_s) + \gamma_B \ln(GC_{sr}) + \sum_q \delta_{Bq} D_q \quad (10)$$

$$\ln K_{T,sr} = \alpha_T + \beta_T \ln(POP_s) + \gamma_T \ln(GC_{sr}) + \sum_q \delta_{Tq} D_q \quad (11)$$

$$GC_{sr} = Fare_{sr} + w_s \tau_{sr} \quad (12)$$

ここで、 B はビジネス、 T は観光、 r は目的地、 s は出発地、 K は入込客数、 NW は従業者数、 POP は人口、 GC は一般化費用、 $Fare$ は運賃、 w は時間価値、 τ は所要時間、 D_q は q 地域ダミーを示す。

4.2 パラメータ推定

パラメータ推定は、四国各県を目的地とし、目的地以外の46都道府県を出発地とした。入込客数のビジネス・観

光目的別の第六回（2015年）全国感染旅客準流動調査（国土交通省）のデータを用いて行う。一般化費用については、①～③から算出した値を用い、ダミー変数を除いた状態でパラメータ推定を行い、修正R²が最大なものを分析に用いることとする。

- ①GC1：航空と鉄道の一般化費用を比較した際に最小となるものを採用
 - ②GC2：航空と鉄道の一般化費用をそれぞれの分担率の割合で重みづけして算出
 - ③GC3：航空と鉄道の分担率を比較した際に分担率の大きい機関の一般化費用を採用
- ビジネス、観光目的のパラメータ推定結果をそれぞれ表-4、表5に、フル規格新幹線整備時の所要時間短縮による入込客数変化の推計結果を表-6に示す。

表-4 (10)式のパラメータ推定結果（ビジネス目的）

	α	β	γ	修正R ²
徳島	12.5498 (5.7872)	1.1552 (9.6863**)	-1.8752 (-10.4144**)	0.9622
香川	0.8598 (0.4224)	1.6748 (17.5765**)	-1.4370 (-10.0826**)	0.9711
愛媛	5.8506 (3.0807)	0.6032 (7.6485**)	-0.4976 (-2.6709**)	0.9705
高知	3.9021 (0.9208)	1.0062 (6.4579**)	-0.9006 (-2.3891*)	0.9140

表-5 (11)式のパラメータ推定結果（観光目的）

	α	β	γ	修正R ²
徳島	16.2432 (5.8762)	1.0574 (8.5420**)	-2.1040 (-11.5135**)	0.9486
香川	14.7970 (5.3372)	0.4669 (3.1398**)	-1.2667 (-4.9639**)	0.9711
愛媛	3.3877 (0.7939)	1.2793 (8.4554**)	-1.2046 (-3.7482**)	0.8669
高知	20.4488 (7.9459)	0.5429 (3.9232**)	-1.9228 (-7.6332**)	0.9568

表-6 時間短縮による入込客数の変化（千人/年）

	フル規格	ミニ新幹線	単線新幹線
徳島県	162.1	20.3	104.1
香川県	68.7	31.3	52.7
愛媛県	154.8	18.0	100.7
高知県	67.6	3.6	43.8
四国計	453.3	73.3	301.3

4.3 移輸出の変化の推計

4.2で行った入込客数の変化を用い、移輸出の変化を推計する。移輸出の変化の推定式を(13)式に、フル規格新幹線を整備した場合のビジネス・観光目的による移輸出の増加の推計結果を表-7、表-8に示す。

$$\Delta E_t = u_{B,rt} \Delta K_{B,rt} + u_{T,rt} \Delta K_{T,rt} \quad (13)$$

ここで、 ΔE は移輸出の増加、 u は消費単価（円）、 ΔK は他地域からの入込客数の増加（人）、 t は年度を示す。

表-7 ビジネス目的による移輸出増加（フル規格）

都道府県	消費単価 (円/人)	入込客数の 増加(人)	移輸出の 増加(百万円)
徳島県	22,884	126,073	2,885
香川県	22,258	146,196	3,254
愛媛県	22,699	65,244	1,481
高知県	23,794	39,815	947

表-8 観光目的による移輸出増加（フル規格）

都道府県	消費単価 (円/人)	入込客数の 増加(人)	移輸出の 増加(百万円)
徳島県	8,273	988,776	8,180
香川県	10,475	216,273	2,265
愛媛県	13,517	670,925	9,069
高知県	15,679	309,736	4,856

5. 交通手段別需要推計モデルの構築

交通手段別需要の推計式を(14)～(16)式に示す。

$$Q_{sr,m} = Q_{sr} P_{sr,m} \quad (14)$$

$$P_{sr,m} = \frac{\exp(V_{sr,m})}{\sum_m \exp(V_{sr,m})} \quad (15)$$

$$V_{sr,m} = \alpha + \beta \tau_{sr,m} + \gamma \text{Fare}_{sr,m} + \delta L_{sr,m} + \varphi N_{sr,m} + \mu D_{700,sr} + \theta D_{1000,sr} + \sum_{sr} \zeta_{sr} D_{sr} \quad (16)$$

ここで、 Q は交通需要、 P は交通手段選択確率、 s は出発地、 r は目的地、 m は交通手段、 V は部分効用、 τ は所要時間、 Fare は運賃、 L はラインホール時間、 N はラインホール乗換回数、 D_{700} は700km以上1000km未満ダミー、 D_{1000} は1000km以上ダミー、 D_{sr} は発着地ダミーを示す。本研究では、対象交通機関を航空と鉄道とし、出発地・目的地を新幹線駅が存在し、距離が500km以上ある全国の都道府県間として推計を行う。(16)式の推定結果を表-9に示す。

表-9 (16)式の推定結果

α	β	γ	δ
-2.9463 (-14.7313)	-0.0298 (-3.0228*)	-0.258 (-6.9961**)	-0.0321 (-1.5522*)
ϕ	μ	θ	修正R ²
-0.2566 (-4.8927**)	1.4275 (9.7223**)	3.3261 (23.0239**)	0.7949

()内の値はt値。*は10%有意、**は1%有意、発着地ダミーのパラメータは省略。

6. シミュレーション分析

ここでは、2035年に四国新幹線がフル規格、ミニ新幹線、単線新幹線のいずれかの規格により開業することを想定する。なお本研究において、建設中のフロー効果については計測対象としない。

また、費用対効果分析では、開業後40年間の地域内総生産の増加額の割引現在価値を効果とし、建設費、維持管理費（線路、電路）及び列車運行費の現状と比較しての増加額を費用とした。表-10にシミュレーションケースと各規格の1kmあたりの建設費、表-11に四国各県における地域内総生産のシミュレーション結果を示す。また、四国新幹線開業後の四国各県の鉄道利用客数を表-12に示す。なお、四国住民の四国外への移動は含まれていない。

表-10 シミュレーションケースと建設費

	シミュレーションケース	建設費 (百万円/km)
Case0	整備なし	-
Case1	フル規格新幹線-整備あり	3,146
Case2	ミニ新幹線-整備あり	510
Case3	単線新幹線-整備あり	2,097

表-11 各 Case のシミュレーション結果 (GRP)

	徳島県			香川県		
	2035	2040	2045	2035	2040	2045
Case0	4,101,849	4,328,429	4,548,060	3,742,235	3,694,676	3,636,596
Case1	4,108,829	4,340,169	4,564,197	3,746,722	3,700,473	3,642,800
Case2	4,102,719	4,329,897	4,550,085	3,744,262	3,697,310	3,639,429
Case3	4,106,329	4,335,966	4,558,422	3,745,678	3,699,122	3,641,352
	愛媛県			高知県		
	2035	2040	2045	2035	2040	2045
Case0	4,092,688	3,884,412	3,670,962	1,917,228	1,825,422	1,730,450
Case1	4,102,900	3,897,532	3,684,890	1,921,213	1,830,866	1,736,764
Case2	4,093,877	3,885,939	3,672,582	1,917,438	1,825,712	1,730,791
Case3	4,099,329	3,892,943	3,680,018	1,919,811	1,828,951	1,734,544

表-12 新幹線開業後の鉄道利用客 (千人/年)

	整備なし	フル	ミニ	単線
徳島県	141.3	2,184.0	465.4	1,492.4
香川県	545.7	1,635.7	1,129.4	1,524.6
愛媛県	372.9	1,848.5	778.6	1,422.9
高知県	49.1	1,792.4	174.3	1,201.2
四国計	1,109	7,460.6	2,547.7	5,641.1

7. 費用対効果分析と望ましい新幹線規格の提案

表-13は、各規格の四国新幹線整備による開業後40年間（2035年から2075年まで）の地域内総生産の増加額、費用の割引現在価値を示したものである。ここでは、基準年を2020年とし、割引率を4%とした。建設費については、表-10に示した1kmあたりの工事費と四国新幹線の線路長（302km）の積で算出した。表-14は、新幹線の規格ごとの費用対効果分析の結果を示したものである。費

用対効果分析の結果より、本州と四国、四国の県庁所在地間を結ぶ新たな高速鉄道システムとしては、ミニ新幹線規格の四国新幹線の建設が最適であることが示唆される。

表-13 四国新幹線の整備による GRP 増加額
(40年間) と費用の割引現在価値

	GRPの増加 (割引後)	建設費 (割引後)	維持管理費 ・運行費 (割引後)
フル	453,277	353,595	32,811
ミニ	73,281	57,318	0
単線	301,293	235,730	21,874

単位：百万円

表-14 新幹線規格別の費用対効果分析の結果

	フル規格	ミニ新幹線	単線新幹線
地域内総生産の増加(百万円)	453,277	73,281	301,293
建設費用(百万円)	353,595	57,318	235,730
維持管理費・運行費(百万円)	32,811	0	21,874
費用対効果	1.173	1.279	1.170

8. 結論

本研究では、地方部における新幹線の整備の可否、最適な規格を評価できる手法として、地域計量経済モデル、入込客数推計モデル、交通手段別需要推計モデル、費用対効果分析で構成される手法を開発した。さらに、四国4県を対象とする実証モデルを構築し、岡山と四国4県の県庁所在地を瀬戸大橋経由で結ぶ各規格の四国新幹線整備のシミュレーション分析を行い、費用対効果分析を行った。新幹線規格としては、フル規格、ミニ新幹線、単線新幹線の3規格を想定した。

また、どのような規格の高速鉄道であっても、四国の全都道府県において、鉄道利用者数を増加させ、地域内総生産を増加させることができることが明らかになった。費用対効果分析では、四国新幹線を建設するのであれば、ミニ新幹線が最適であることが示唆された。

参考文献

- 1) 武藤雅威・内山久雄 (2001) : 新幹線と航空の競合時代を反映した国内旅客幹線交通の現状と展望, 運輸政策研究, Vol.4, No.1, 2-7
- 2) 土谷和之・林山泰久・上田孝行 (2009) : 空間的応用一般均衡モデルによる台湾高速鉄道の整備効果分析, 土木計画学研究公演集 (CD-Rom), Vol.40, 320
- 3) Tetsuji SATO (2015) : Evaluation Method of Regional Economic Impact of High-speed Railway Development Considering Effects on Tourism Demand, journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.11, pp.110-125
- 4) 四国の鉄道高速化検討準備会 (<http://www.shikoku-shinkansen.jp/>)