

駅に着目した高速鉄道の計画概念の国際比較

大野木 洋輔¹・家田 仁²

¹正会員 京阪電気鉄道 鉄道営業部 (〒612-8226 京都市伏見区桃山町金井戸島10)

E-mail:betelgeuse616@gmail.com

²フェロー会員 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤学専攻

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail:ieda@trip.t.u-tokyo.ac.jp

本稿では、近年普及が著しい高速鉄道の設計思想を比較するために、東アジア及び欧州の一部を対象として、いかなる国・時代でも入手可能なデータを用いて比較モデルを構築し、実際のデータに適用した。駅間距離については、国により5倍程度の開きが存在すること、また決定要素のうち2~4割が各国・路線の固有の要素によって決定されている事が分かった。駅面積については、6~7割がモデルにより説明でき、一見面積の大きい中国の駅も一部を除いて日本など同一のモデルで説明可能なことが分かった。また、新駅周辺の開発およびアクセスの比較では、自治体の関与の程度が大きな差を持つことがわかった。

Key Words : 高速鉄道, 駅, 国際比較, 設計思想

1. はじめに

近年注目されてきた高速鉄道の建設は新たな段階を迎え、中国が2011年までに世界一の高速鉄道大国になり、日本でも相次ぐ新幹線の着工・完成が相次ぎ全国ネットワークの形成に向け新たな段階を迎えている。国際的な高速鉄道商戦が過熱している。

しかし、高い技術と豊富なノウハウを有するにも関わらずその後日本の鉄道輸出の進捗状況は芳しくない。高速鉄道のプランニングには、基本計画（ルート設定）、構造物建設、車両・編成、運営規則、信号システム、維持管理、資金調達、マネジメント、法的側面など多様な側面から成り立っているが、このうち基本計画について、日本では従来経験則に基づいて決定されていた。日本の事業主体が海外で高速鉄道計画を行う場合、経験則に基づく「土地勘」は働かない一方、基本計画から関与して有利な立場で海外展開を行うことが求められる。国により人口分布、所得水準、地形地勢、軌間等あらゆる諸条件が異なる。その中で、日本も含め、それぞれの国同士で諸条件を加味した上で直接定量的に比較し、そこに含まれる潜在的な価値観をすることが必要だろう。

以上の問題意識に基づき本研究では、以下5点につき検討を行う。

(1) いかなる国・時代でも入手可能なデータを用い、高

速鉄道の基本設計に関する簡便なモデルを作成する

(2) 上記を用い、日本及び中国・韓国・台湾（一部のデータについてはフランス・ドイツ）について比較し、どの程度の割合で固有の価値観に基づいているのかを明らかにする

(3) その価値観がいかなる理由によるのかを考察し、国土条件の違いによらない真の設計思想の差異を探求する

(4) 同時に各国でどのように政策的に高速鉄道が受け入れられているのかを比較し、駅周辺開発・交通ネットワークの位置づけの差を分析する。

(5) 高速鉄道の歴史が長い日本では、時間軸による傾向の変化も比較検討する。

2. 比較モデルの構築

インフラの設計思想の国際比較については、近藤¹⁾、井後²⁾のような高速道路の整備水準の国際比較が挙げられるが、近年まで高速鉄道がごく一部の国にしか存在していなかったため、高速鉄道を統計的に比較するモデルは開発されてこなかった。本稿で構築するモデルは、いかなる国・時代でも共通で求められるであろう変数を盛り込みつつ、同様に国・時代を問わず評価できるように可能な限り簡便な均衡モデルを利用して作成した。

本項目では

① 駅間距離の設定

② 駅施設の面積

についてモデルを作成するものとする。高速鉄道のほとんどが政府または政府機関により建設されている事実に鑑み、企業の利潤最大化ではなく国（国民）の効用最大化をめざすものと仮定する。

(1) 駅間距離（平均距離）の設定

ある高速鉄道路線について、理想的な平均駅間距離 ℓ^* を決定するには、①旅客の駅へのアクセス費用の総額 C_A と②駅建設費用 C_C の最小化問題として取り扱う。すなわち、駅を増やせば沿線住民の便益が増加するが、費用抑制の観点からは少ない方が良いという意味である。この時、沿線の人口 P は一次元に一様に分布し、各駅へのアクセス速度 V_a および建設単価 c は一定、路線の利用者数は沿線人口に、時間価値は一人当たり地域別総生産 I に比例すると仮定する。

【平均駅間距離の費用最小化問題】

$$C^*(\ell) = \min(C_A(\ell) + C_C(\ell)), \quad (1)$$

Subject to

$$C_A(\ell) = \frac{k_1 IP}{4V_a} \ell, \quad (2)$$

$$C_C(\ell) = \frac{cP}{\rho\ell}, \quad (3)$$

$$\ell > 0, \quad (4)$$

ただし、 ℓ は平均駅間距離、 ρ は沿線人口密度、 k_1 は定数。

ここでは、式(2)において、沿線住民の最寄り駅への平均アクセス距離とアクセス速度により駅へのアクセス時間を算出し、時間価値を加えてアクセス費用としている。総建設コストは、駅数に比例する。

以上より、定数を整理すると、

$$\ell^* \propto \frac{1}{\sqrt{I\rho}} \equiv \ell' \quad (5)$$

が導出される。

(3) 駅施設の面積

駅における駅舎の延床面積 r_i の決定メカニズムについては、利用者一人あたり面積が少ないほど、混雑費用が発生する一方、面積に比例して建設費用が増大する。そのため、モデル作成に当たっては、これらの費用最小化問題として取り扱う。

【駅舎延床面積の費用最小化問題】

$$S^*(r_i) = \min(S_U(r_i) + S_C(r_i)), \quad (11)$$

Subject to

$$S_U(r_i) = \frac{k_3 P_i T_i}{r_i}, \quad (12)$$

$$S_C(r_i) = \frac{k_4 C r_i}{D_i}, \quad (13)$$

$$\ell > 0, \quad (14)$$

ただし k_3 および k_4 は定数。

式(12)では、混雑費用を求めている。面積あたり利用者数に比例し、利用者数は駅iの所属する基礎自治体の人口 P_i および、乗り入れ路線数 T_i に比例するとする。式(13)では、建設費用を表している。ここでは、面積当たり建設単価 C に対し、面積に比例して建設費用は増大し、地価が減少する分都心からの距離 D_i に比例して減少するものとした。

以上より、定数を整理すると、

$$r_i^* \propto \sqrt{D_i P_i T_i} \equiv r'_i \quad (15)$$

が導出される。

3. モデルの適用と設計思想の考察

以上で提案したモデルで得られた指数を実際のデータに適用し、各国の高速鉄道の環境の分析を行う。実データには、本モデルにより考慮されていない決定要素が存在し、その決定要素が国あるいは時代ごとに固有のものであれば、国・時代ごとに一定の係数をもって差が表れるはずである。

(1) 対象路線・データ採取

対象路線は、表1の通りとする。

データ採取項目、方法については以下の通りである。

① 駅間*。…日本国内については各新幹線工事誌。中国は電子時刻表（全国列车时刻表查询系统）、韓国および欧州はそれぞれ冊子時刻表（月刊観光交通時刻表2011年3月号、トーマスクック・ヨーロッパ鉄道時刻表'12冬・春号）によった。

② 自治体人口、面積、地域別（一人当たり）総生産…各国の統計局またはそれに相当する政府機関のウェブサイトより収集した。なお、地域別総生産に関しては、時系列による物価水準の変動を考慮するため、CPI（消費者物価指数）を基準年度（2005年）との比較を基に調整し、各国通貨をドルベースに換算した。地域別総生産は、ドイツのみ国内総生産で代用した。

③ 市中心からの距離…各都市の市役所を市の中心と定義し、そこから駅への距離をGoogle Mapにより求めた。

④ 接続路線、アクセス交通…各国の冊子時刻表によった。

表1 調査対象路線

国名	路線名	開業年	起点	終点	区間延長 [km]
日本	東海道新幹線	1964	東京	新大阪	515
	山陽新幹線	1972~75	新大阪	博多	554
	九州新幹線	2004~11	博多	鹿児島中央	257
	東北新幹線	1982~2010	東京	新青森	679
	北海道新幹線	2016	新青森	新函館	148
	上越新幹線	1982	大宮	新潟	270
中国	北陸新幹線	1997~2015	高崎	金沢	345
	京滬旅客専用線	2011	北京南	上海虹橋	1318
	滬寧城際鉄道	2010	上海	南京	301
韓国	武広旅客専用線	2009	武漢	広州南	968
	京釜高速線	2004~10	ソウル	釜山	412
台湾	台湾高速鉄道	2007	台北	左営	345
フランス	LGV Nord	1994	Paris Nord	London St Pancras	492
	LGV Atlantique	1989~90	Paris Montparnasse	Tours	224
	LGV Sub-Est, Rhone-Alps, Mediterranee	1981~2001	Paris Gare de Lyon	Marseille St Charies	862
	LGV Est europeenne	2007	Paris Est	Metz	315
	Schnellfahrstrecke Hannover-Berlin	1997	Hannover Hbf	Berlin Ostbahnhof	263
ドイツ	Hannover-Wurzburg	1988~1991	Nurnberg Hbf	Hannover Hbf	430
	Köln-Rhein/Main	2002	Köln Hbf	Frankfurt(Main) Hbf	180
	Nürnberg-Ingolstadt-München	2006	München	Nürnberg	171

⑤ 駅舎面積・駅本屋の延床面積について、新幹線工事誌、各鉄道会社局への照会、入札資料によった。東アジアに位置する高速鉄道駅のみ入手した。

(2) 駅間距離への適用

駅間距離 l' のモデル値を開業当時の実際のデータに適用した結果が図-1の通りとなる。フランス、日本、ドイツ・中国・韓国・台湾の3グループに分かれて傾向が表れた。自由度補正済決定係数はそれぞれ0.65(仏)、0.78(日)、0.81(独・中台韓)であった。また、近似線の係数はそれぞれ3.39(仏)、0.68(日)、1.85(独・中台韓)であった。これは、フランスは日本のおよそ5倍駅間距離を長く取る傾向にあるということがいえる。

以上から、まず、グループごとに最大5倍の開きがあり、それぞれのグループ内(国内)では、駅間距離の6-8割程度が本モデルにより説明でき、残りの2-4割が、路線固有の要素により決定されていることが言える。

グループ間(国別)比較については、前述の通り、日本は相対的にも駅間距離が短く、フランスは長い。中間として、ドイツ、中国、韓国、台湾のグループが存在する。

これらの背景として、散在する都市同士を、点と線を結ぶ長距離都市間輸送に照準を当て、必要などころで在来線と連絡が可能なフランスの高速鉄道は、必然的に新線区間に駅が少ない一方、日本は人口がほぼ均等に分布しており、また軌間が在来線と異なるため、容易に直通が出来ず、新線区間の駅を均等に作らなければいけない事情があったことが考えられる。フランスと類似した国土条件をもつドイツが、駅間距離がフランスより短い傾向にあるのは、フランスがパリを中心とした放射状のネットワークを構築しているのに対し、ドイツは井桁状のネッ

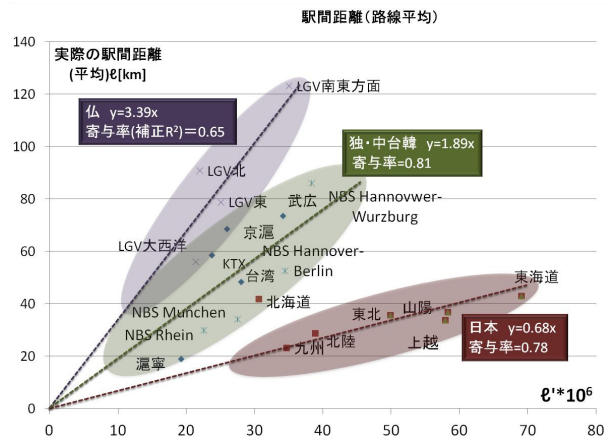


図-1 駅間距離モデルの適用結果

トワークで中規模都市間を連絡していることが背景としてあげられる。

中国・韓国については軌間は在来線と同一なもの、都市部と非都市部にも都市が多く点在しており、その点では日本と国土条件が近い。フランスと日本の中間に位置すると考えられる。台湾も国土条件が日本と類似し、軌間も在来線と異なるものの、路線設計は欧州のコンサルが行い、また在来線と別会社という事情が背景としてあるのではないかと考えられる。

次に、グループ内(国内)での路線ごとの比較を行う。日本に関しては、北海道新幹線が著しく過小評価されているが、海底トンネルを通過する特殊要因によるものであると考えられる。そのほか北陸、東北が過小評価、東海道、山陽、上越が過大評価される傾向にある。本モデルでは、人口分布の粗密に関しては考慮されておらず、平野部の割合が高く、人口がほぼ均等に分布している路線ほど、駅間距離が短めに求まるといえる。上越新幹線に関しては山岳区間があるにもかかわらず、過小評価されている路線などで、意図的に駅間距離が短く設定されていると言えよう。

ドイツは、他国のような圧倒的な大都市圏が少ない分、全体的に駅間距離が過大評価されがちといえる。KTXは、首都のソウルと釜山を結ぶことを強く指向しており、必要であれば在来線と乗り入れが自在で、実際にそのような運行形態をとっているため、新線区間の駅間距離は長めにとれる、フランスと類似した形態となっている。中国は、同一国内において著しく過大評価されている滬寧と、過小評価されている武広、京滬が存在している。これは明白に政策的な要因により差がつけられる。中国の国土軸を形成する「四縦四横」の「客運專線」(旅客専用線)である武広、京滬に対し、滬寧は「城際鉄道」(都市間高速鉄道)と、200-300km圏内の比較的短い距離の輸送を担うことを意図して作られているからであり、同じ高速鉄道でも使い分けの色合いが濃いことが分かる。

フランスでは、過小評価されている北線(パリ~ロン

ドン)は、北海道新幹線同様海底トンネルによる影響があると考えられる。パリ～リヨンマルセイユの南東方面も同様に過小評価されているが、パリをでると273kmも駅間が離れている事から分かる通り、初期の頃には特に長距離都市間輸送を意識して作られたことが背景にあるといえる。その後作られた大西洋線、東線は、比較的目的地に近いことから逆に過大評価されている。

以上のように、沿線の人口の粗密に加え、特に軌間をはじめとした技術要因、政府の政策的な側面が駅間距離の決定に大きな影響を与えると考えられる。

(2) 駅舎面積への適用

面積については、中国韓国台湾および日本について分析を行った。全体の傾向は図-2の通り。自由度補正済決定係数は0.69。「駅舎」の範囲は、直接鉄道事業に附帯する部分に限定して定義している。駅面積200000㎡以上の5駅は、いずれも中国で、巨大さが際立つが、天津南、上海虹橋駅に関しては、むしろモデルで過小評価されている上に、主要駅以外ではむしろ他国に比して小さめに建設されていることが読み取れる。韓国・台湾については同様の振舞いを見せている。台北、ソウル、東京、上野など各国のターミナル駅は、いずれも過小評価される傾向にあるが、北京南、廣州南、南京南の各駅は著しく過小評価されている。中国では特にターミナル駅に注力して駅を建設していることが読み取れる。

日本国内については、97年以降に開通した整備新幹線の各駅は理論値にかかわらずほぼ一定の面積になっている結果が得られた。要因としては時代を経て鉄道の分担率が減少したこと、予算制約が厳しく、かつ地方部に建設されたことがあり、最低限の機能のみを持たせるようになった傾向がうかがえる。

国鉄時代に建設された新幹線駅では、東海道・山陽より東北・上越の方が駅舎面積が過小評価される傾向にある。既に開発が進んでいた東海道・山陽新幹線は用地制約が大きかったことと、東北・上越新幹線では冬季集中客への対応の必要性により、このような差が生じている。

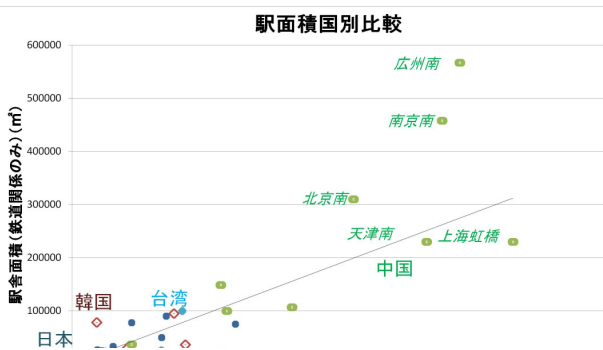


図-2 駅面積モデルの適用結果

韓国では、光明駅(面積78000㎡)が著しく過大に評価さ

れている。これは、ニュータウン建設とともに光明駅が市街地から離れた丘陵地帯に建設されたことに由来している。台湾では、台北駅以外はほぼ一定の面積をもって建設されている。

このように、駅面積に影響を与える要素としては、(1)ターミナル駅であること、(2)周辺開発などの政策的意図あるいは予算制約などがあり、それでも説明がつかないのが国ごとの特性となり、それは中国の大ターミナルに特徴的に現れることが分かった。

4. 政策比較

上記のようなモデルによらない分析として①駅周辺開発の傾向および②駅へのアクセス性に関して定性的な分析を行う。①については、政策当局等が高速鉄道に付随してどのような地域開発にどのような影響があると考えたかを読み取り、②に関しては、高速鉄道が既存の交通システムとどう接続を図っていたのかを比較する。

(1) 駅周辺開発

高速鉄道建設時に、特に新駅が設けられると、駅周辺には利便性が高まり、従来農地など低未利用地だったところに都市開発の機会が生じる。しかし、最初の高速鉄道である東海道新幹線やその後の山陽新幹線でも、当然のことながら大規模開発の機運は当初は見られなかった。開発余地のある新駅が少なかったこともあるが、例えば新横浜駅を例にとると、1964年の開業時から区画整理は進められてきたが、本格的な開発は1990年前後からである。1989年に横浜アリーナが完成し、駅前の本格整備の着工は2004年である。横浜市は新横浜駅前を「新横浜都心」と位置付けているが、その基本構想が策定されたのは1999年と、開業後30年以上経過してのことだった。

90年以降、整備新幹線になると、自治体も建設費を負担するようになり、地域開発の観点から駅周辺の開発が一体となって行われるケースが増加した。1997年に開業した北陸新幹線佐久平駅周辺では、佐久市が主体となり1994年から2002年まで駅周辺60.1haの土地で再開発事業を実施し、公共投資額は区画整理に106億円、アクセス道路には204億円にも上った。同事業により、ショッピングセンターやホテル等が集積し、通勤客はほぼ2倍に増加した。

2駅隣の安中榛名駅では、住宅や商業施設がほとんどなかった土地に建設された駅だが、東京までの所要時間の短さをアピールして運営主体のJR東日本のグループ会社が駅周辺の宅地開発を展開している。48.7haに601区画を販売。土地に余裕があることを生かし25%を超える緑地率を持たせ、リゾート定住型として売り込んでいる。

2010年前後になり、整備新幹線がさらに地方部に延伸

し、経済・財政が厳しくなってくると、むしろ開発には抑制・懐疑的な傾向が生じてきた。2010年に開業した東北新幹線新青森駅に関して、青森市は既成市街地を保護する意図から、同駅を「空港のような駅」と位置付け、駅機能は最低限の交通機能および駅舎内のインフォメーション施設・商業施設のみを設け、駅周辺には延べ床面積3,000㎡以上の大型店の出店を規制した。

このように、日本の駅周辺開発は、「後追い型」の開発から地方部の振興を目的とした開発へとシフトしていった。さらに近年では、社会情勢の変化から開発を抑制する傾向も生じていると言えよう。

こうした傾向の変化の背景には、当初建設された新幹線は「在来線のバイパス」として輸送力増強（および高速化）のみを重視し、地域の利便性を高めるといった志向は優先順位が低くなっていたことが挙げられる。国鉄が分割民営化され、整備新幹線の枠組みが出来ると、①地域振興を第一義に考える自治体が建設費の一部を負担し、発言力を持つようになる、②民間企業（JR）が運営することになり、収益を上げる機会を求めようになることから、各地で新駅周辺の開発が盛んになったと考えられる。さらに時代が進むと、経済成長が見込めず、財政制約も厳しくなったため、開発による効果が見えにくくなったため、最低限の区画整理にとどめる駅も増加してきた。

中国は、郊外部に巨大な新駅を続々建設しているにもかかわらず、駅と直接リンクした開発計画はあまり見られない。要因として中国鉄道部が国家プロジェクトとして、急速な経済成長に伴う輸送力の確保を最優先している事、中央政府の意向が優先されやすいため、地方の開発には関心が行きにくいことが考えられる。結果として、市街地までは距離がある「空港」のような駅が各地に建設されている。（図-3）

韓国においては、地方自治体が高速鉄道建設と一体となって開発を行う。鉄道の駅立地にも地方自治体の意向

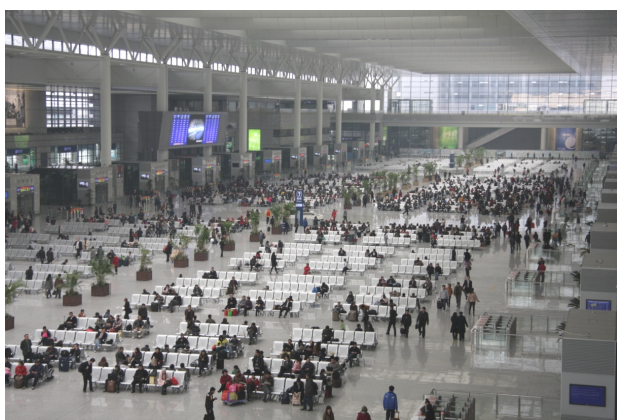


図-3 上海虹橋駅

が反映されていたが、従来は「あまり好ましくない施設」としてしか駅が捉えられておらず、周囲に何も無いところを指定することが多く、結果として、この傾向が開発余地を生んだという。高速鉄道の利便性に着目して、沿線と一体となった都市開発がソウル周辺を中心に行われた。天安山駅周辺は、KTXの開業によりソウルからの所要時間が35分に短縮され、周辺の宅地開発が展開された。1995年に開始された開発事業では、農地だった場所を住宅公社が購入、駅近くを1期、やや離れたところを2期として分譲し、周辺には高層マンションが立ち並ぶようになった。

ソウルの隣に位置する光明駅では、丘陵地を切り開く1736.7haの大規模な都市開発が計画されていた。計画人口23.7万人で、関連道路、工業団地、その他施設とともに2020年までに開発する計画があった。光明駅は、駅施設面積のモデルで導出された値より著しく大きな面積をもって建設されていたが、新都市開発のハブとして光明駅が特別に大きく作られたものと考えられる。

こうした周辺開発を、当初から事業スキームに組み込んだのは台湾高速鉄道だった。BOT事業として行われた建設事業では、事業者が駅周辺の開発権を与えられた。この枠組みにより、既成市街地を通るよりも周囲に何も無いところに駅を置いて、その周辺を開発して収益を見込む方が事業者にとって好都合となった。このために途中駅の大部分が市街地から外れた場所に建設された。

(2) 駅へのアクセス性

郊外部に建設された高速鉄道の新駅は、利用者の利便確保のため、市街地あるいは既存駅まで新たな交通手段を確保する必要が生ずる。

そのうち、大部分が国鉄などの在来線鉄道網、または地下鉄など都市鉄道などにより接続される。また人口が少ない地方部では短距離バスが一般的だ。自動車の普及に伴い、地方部の駅を中心には駐車場が整備されている。

その中で、台湾高速鉄道は市街地との間に無料シャトルバスを走らせ、利便性の向上を図っている。前述の通り、開発による収益増を目的に市街地から離れたところに駅を設置しているため、途中駅では市街地との間のアクセスの確保が課題となっていた。市街地までに行くのに時間がかかるため、在来線との時間差が広がらず、途中駅では苦しい競争を強いられている。無料にする意図は、少しでも利用者のアクセスコストを低減することだが、在来線と高速鉄道で運営主体が異なることもこうした無料施策を打ち出す一因だろう。

高速鉄道と航空交通を結合し、利便性の向上を図る方法もみられる。リヨン＝サンテグジュペリ空港、シャルル・ド・ゴール空港（パリ）、フランクフルト国際空港、上海虹橋空港では、高速鉄道と飛行機が直接乗り換えら

れる。仁川空港（韓国）でもKTXの乗り入れ計画が存在する。高速鉄道と航空交通は一面では競争関係にあるが、特に高速鉄道の及ばない超長距離需要との連携を意識し、それを実現させている。中国の場合、政策的に上海虹橋空港に、航空、高速鉄道、地下鉄を融合させた総合交通ハブを建設しており、交通モード同士の全体の最適化を図っている。

他方、日本では空港との接続はみられない代わりに、在来線との特急の乗り継ぎというシステムで、高速鉄道の効果をいきわたらせる方針をとってきた。他国にはあまり例を見ない方策であり、①軌間が高速鉄道と在来線で異なること②高速鉄道と在来線で運営主体が同一であること③航空とは完全に競争状態にあること、が日本と他国で異なるアクセス方針をとった理由としてあげられる。

5. おわりに

本稿では、高速鉄道の基本計画について、いかなる国・時代でも入手可能なデータを用いて、人口所得その他基本的な条件を考慮した上でなお簡便に比較できるモデルを作成し、それを実際の高速鉄道に関するデータに適用した。結果、簡便なモデルでも一定の再現性を持って表現されることが分かった。今後は、入手可能なデータの範囲でよりモデルの精度を上げることや、対象範囲を広げることなどの改善の余地が考えられる。適用結果からは、フランスは日本に比べて約5倍長く 駅間距離をとる傾向にあることなど、おもに軌間などの技術要因と政策要因に

より強く規定されることが明確になった。同一国間では一般的に2-4割程度駅間距離の設定に振れ幅があることが明らかになった。同様に、駅面積に関しても、表面的には過大に見える中国の駅面積も、一部を除けば利用容量を反映した結果で、財政制約があれば利用者数にかかわらず最低限の面積をとることがわかった。今後日本が海外の高速鉄道計画に関与するときは、特に軌間の差により生じる日本固有の設計特性に留意する必要がある。また現地の実情をどの程度織り込めば望ましいのかを示唆した。

また、定性的な政策比較も行い、各国の国土政策の違いが高速鉄道の設計にどう表象されているのかを整理した。

謝辞：本研究を進める上で、海外鉄道技術協力協会の秋山芳弘様と韓国交通研究所（KOTI）のCHOI Jin-Sock氏にはインタビューで大変お世話になりました。この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 家田仁, 近藤康人：高速道路ネットワークにおける整備密度と資源投入量の国際比較と日本国内地方比較～国土条件の差異を考慮した相対比較手法～, 交通学研究, 2011年研究年報, pp53-62, 2012.
- 2) 家田仁, 井後貴博：諸条件の違いを考慮した高速道路ネットワーク整備水準の国際比較手法の開発とその応用, 交通学研究, 2010年研究年報, pp285-294, 2011

?