

単線方式による新幹線システムの建設単価推計

—ローコスト新幹線システムの整備費用について—

波床 正敏 (大阪産業大学 工学部, hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp)
向井 智和 (大豊建設株式会社)

A study on estimation of unit construction cost of Shinkansen with single-track system: Construction expenses of low-cost bullet train system

Masatoshi Hatoko (Faculty of Engineering, Osaka Sangyo University)

Tomokazu Mukai (Daiho Corporation)

要約

近年、整備新幹線の全線開業が現実になろうとしてきているが、今後の基本計画線の着工にあたっては費用面での厳しい現実に直面する可能性がある。費用を抑えた新幹線整備の方法として本研究の関連研究で単線の新幹線システムが提唱されており、全線複線である場合に比べて軌道の総延長を約40%低減させながらも、片道2本/時の運転本数と約150 km/hの表定速度を確保しうる新幹線システムの可能性が示されている。しかし、整備コストについては詳細が未調査であった。そこで本研究では在来線の建設請負実績資料をもとに単線区間と複線区間とでインフラの種類別に建設単価がどの程度異なるかを調査した。その上で、在来線における単線区間と複線区間との建設単価の比が新幹線用インフラについても同様であるとの仮定の下に、路盤区間、橋梁区間、隧道区間のそれぞれについて新幹線用単線インフラの建設単価を推計した。さらに、単線新幹線システムによる路線全体の費用を試算した結果、ミニ新幹線のように駅部は既存駅を活用しながらも駅間部分は単線仕様のインフラとした場合、フル規格複線が75.9億円/kmに対して単線新幹線システムは48.3億円/kmとなり、フル規格に比べて36.3%コストを低減できることがわかった。

キーワード

新幹線, 単線, 整備費用, 建設請負額, コスト削減

1. はじめに

近年、全国新幹線鉄道整備法策定から40年以上を経て整備新幹線が徐々に開業を迎え、沿線の振興状況が注目されている。新幹線網整備の全体計画としては、基本計画と呼ばれる路線も多数存在しており、それらの沿線地域からは地域振興の救世主ではないかと熱い視線が注がれつつあるものの、現実的には整備コストの高さから着工が難しい路線が多いと思われる。

新幹線整備は大規模工事であることが目を引き、その整備費用が取り上げられがちであるが、完成後は必ずしも航空と自動車に頼らない交通体系の構築の可能性があるなど、有用な交通機関である。現状では日本国内の議論はやや低調であるものの世界的には依然として低炭素社会の構築といった環境問題は重要な課題であり、新幹線を基軸とした交通体系整備は有力なアプローチになりうる。また、地域振興には人的交流が重要であるものの、都市部住民、特にビジネス客には道路を利用した広域移動はあまり期待できず、新幹線のような使い勝手のよい公共交通手段の確保が貴重である。対航空機の観点では、三大都市圏以外からの訪問者を招き入れるには、新幹線は航空機に比べて有利である。さらに、物流に関して新幹線は直接的な効果はないものの、道路が乗用車で占められてしまうということを防ぐことが可能であり、その

分を物流に割り当てやすくなるという側面もある。

さて、全国津々浦々まで40年以上前の新幹線計画を全て実現させるべきかどうかについてはさらなる議論が必要ではあるものの、整備コストさえ下がるのならば建設を検討してもよいのではないと思われる路線や区間は皆無では無い。そういった観点では、新幹線の利便を大きく下げることなく、いかにローコスト整備を行えるかという議論はあってもよいのではないだろうか。

新幹線の整備コスト低減策については、整備新幹線の建設段階でも設計荷重の見直しや軌道や駅の簡素化、土工区間等の安価な構造物の多用など、既に行われてはいるが、基本的には東海道・山陽新幹線や東北・上越新幹線と同様のものを安価に整備することに主眼が置かれるか、もしくはミニ新幹線のように高速性を無視してひたすら低廉であることを追求したものかのどちらかであった。このため、高速性と低コストの両方を満たす実用的な新幹線システムは存在しなかったと言えるのではなかろうか。

本研究では、以上のような背景をもとに、本研究に至る研究で提案された単線方式による新幹線システムを軸に、高速運転と低廉整備の両立を目指した新幹線システムは具体的にはどのようなものであり、既存の新幹線整備手法に比べてどの程度低廉に整備できるのかについて、鉄道建設の請負額に関する資料の調査と、それに基づく考察を行うものとする。

なお、全幹法に示された基本計画のどの路線や区間を建設すべきか（あるいは否か）、建設するならばどのような条件下で実施すべきかなどについては、本研究の成果を用いて路線網全体での詳しい評価が必要であるため、本研究では研究対象としていない。本研究は新たな建設手法を採用した場合の整備コストに関する研究である。

2. 鉄道整備コストに関する議論と本研究の方法

2.1 幹線鉄道整備の費用に関する既存の研究や資料など

幹線鉄道整備に関し、整備実績をもとにコスト設定を行って効果計測を行う研究は多数存在し、例えば根津・神田らの研究（2013）では北陸新幹線の整備実績をもとにキロあたり建設単価を80億円と設定したり、曾根・紀伊らの研究（2013）では四国における新幹線整備キロ単価を九州新幹線と同程度と仮定したりすることで、それぞれ研究が行われている。だが、発生する建設費をどのように負担するかという財源論や負担論の研究（例えば、楠木、2012）はしばしば見かけるものの、整備コストそのものに関する研究は数少なく、新幹線ネットワークの整備コストを効果的に縮減する方法は明らかでない。關の研究（2011）では鉄道の建設請負業について歴史的観点から分析しているが、建設コストそのものについて取り扱った研究とはなっていない。

鉄道の建設コストの縮減については、国土交通省が2003（平成15）年に「公共事業コスト構造改革プログラム」を策定したことを受け、鉄道・運輸機構においても独自のコスト構造改革プログラムを策定しており、当時の目標として平成15年からの5年間で平成14年度比15%以上のコスト縮減を目指していた（鉄道・運輸機構、2008）。具体的な事例としては表1（整備新幹線小委員会、2012）のようなものが挙げられ、個々の費用を4～23%縮減しているが、新幹線システム全体を見直したものではない。

2.2 本研究の方法

新幹線の整備コストを算定するには、特定の路線を想定して線形や線路構造などを確定させ、必要となる構造物を実際に設計し、費用積算する方法がもっとも正確であろう。だが、この方法は煩雑であり、交通ネットワークの計画段階のコスト設定方法としてはあまり現実的

はない。このため、計画段階での案の評価には、前述のように通常は整備実績に基づく路線の整備単価が用いられる。

ところが、本研究の対象とする単線での新幹線整備は前例がなく、整備単価が不明である。そこで本研究では、在来線の建設費用（事業者の請負額）を詳しく調査し、トンネル区間、高架橋や橋梁の区間、土工の路盤区間などの別に単線で整備した場合と複線で整備した場合の費用を比較し、それらの比率を参考に単線の新幹線を整備した際の整備費用単価を推計することとした。

3. 新幹線整備のコスト構造分析

3.1 複線整備のコスト構造について

単線新幹線システムの導入を想定する場合、単線が複線に比べて線路が半分だからといって、トンネルや高架橋といったインフラが全て半額になるわけではない。このため、インフラの構造種別ごとにコストを推計する必要がある。ところが、これまでに整備された新幹線については構造種別ごとの路線延長が公表されることはあっても種別ごとの整備費用が公表されることは希であり、例えば東九州新幹線の整備コストを推計するにあたっては重回帰分析を使用するなどして既設各線の構造種別ごとの整備延長を説明変数、路線全体の整備費用を被説明変数として構造種別ごとの単価を推定することで、東九州新幹線の建設費を推計する方法が採られている（東九州新幹線鉄道建設促進期成会、2016）。

数少ない路線の構造種別ごとの整備費用が明らかになった例としては、北陸新幹線の長野・金沢間がある。この区間に関しては工事認可後に建設費が増加したことに関して、新潟県が情報開示を国に対して求めたため、その際の資料（国土交通大臣から新潟県知事への工事実施計画意見照会文―国鉄第25号、平成21年8月4日の別紙「北陸新幹線長野・金沢間工事予算書」）が公開されており、これによって構造種別ごとの整備延長と費用が判明するため、構造種別ごとの単価を計算することができる。

表2の「コストの部」の「2003(H15)年価格」欄は上記資料に示されている各費用項目の当初予算額である。平成24年3月には工事実施計画の変更が行われ（北陸新幹線（長野・金沢間）工事実施計画の変更認可について、

表1：整備新幹線におけるコスト縮減事例

段階	概要	効果	コスト縮減率
設計	高架橋や橋梁に高強度の鉄筋を使用	鉄筋本数減少	約4%
	高架駅をRC造の土木構造物とS造の駅上屋のハイブリッド構造に	RC造の規模縮小	約6%
	高張力軽量素材を使用して架線構造を簡素化	ちょう架線の省略	約10%
施工	掘削時に発生する泥水と山からの湧水を分離して処理	濁水処理設備の小型化とランニングコスト減	約19%
	スラブ軌道設置を専用の調整器で実施	専用調整器の開発で効率と精度向上	約23%
管理	橋脚と橋桁を一体化	支承材省略と完成後の維持管理費減	約4%

表 2：北陸新幹線（長野－金沢間）のコスト構造

北陸新幹線 長野－金沢間	コストの部			数量の部			単価の部（複線の場合） (2010年価格)		
	2003 (H15) 年 価格	2011 (H23) 年 修正後	2010 (H22) 年 価格	区間長	延長	箇所	複線区間 長あたり	延長あたり	箇所
	百万円	百万円	百万円	km	km		億円 / km	億円 / km	億円 / 箇所
用地費	216,340	245,915	242,210		462.2			* 5.24	
路盤費	18,210	20,699	20,388	3.7			55.10		
橋梁費	460,760	523,748	515,857	124.7			41.37		
隧道費	295,570	335,976	330,914	102.7			32.22		
軌道費	76,610	87,083	85,771		462.2			* 1.86	
停車場費	76,780	87,276	85,961			7			122.8
車庫・検査修繕 施設費	69,880	79,433	78,236			1			782.4
諸建物費	2,250	2,558	2,519		231.1			** 0.11	
電灯・電力線費	19,630	22,314	21,977		231.1			** 0.95	
通信線路費	21,250	24,155	23,791		231.1			** 1.03	
運転保安設備費	32,400	36,829	36,274		231.1			** 1.57	
防護施設費	8,100	9,207	9,069		231.1			** 0.39	
電車線路費	16,640	18,915	18,630		462.2			* 0.40	
変電所費	46,240	52,561	51,769		231.1			** 2.24	
工事関係	205,340	233,411	229,894						他項目の合計の 15.1%
計	1,566,000	1,780,080	1,753,261	231.1				* 軌道延長に比例すると想定した費目	
工事延長 (km)	231.1	231.1	231.1					** 工事延長に比例すると想定した費目	
整備単価 (億円 / km)	67.76	77.03	75.87						

平成 24 年 3 月 26 日)、物価上昇等のために予算が全体で約 13.7% 上昇している。表 2 の「2011 (H23) 年修正後」の数値は単純に各項目とも「2003 (H15) 年価格」欄の値を 13.7% 増加させている。また「2010 (H22) 年価格」は「2011 (H23) 年修正後」の値について建設工事費デフレーターを使って調整したものである。

「数量の部」については、「路盤費」「橋梁費」「隧道費」については上記工事实施計画の変更認可に記載された各工事延長を示しており、「単価の部」に 2010 年価格と工事延長を使って複線整備時の km あたり単価を計算した（単線整備時の単価については別章で詳しく検討する）。また、「用地費」「軌道費」「電車線路費」については、単線にすることで減少する可能性があるため、軌道延長を工事延長の倍である 462.2 km とした上で軌道 1 km あたりの単価を計算した。「停車場費」「車庫・検査修繕施設費」は 1 箇所あたりの単価を計算し、それ以外については工事延長 1 km あたりの単価を計算した。これらは線路が単線か複線かにかかわらず費用変化が少ないと考えたためである。さらに、対象区間の費目構成にあわせ、工事関係の費用は工事関係費を除く総工費の 15.1% とした。

以上のように、北陸新幹線（長野－金沢間）全体としての整備単価は 75.9 億円 / km であるが、用地費を除いた路盤区間の工事単価は 55.1 億円 / km、橋梁区間（高架橋含む）は 41.4 億円 / km、トンネル区間は 32.2 億円 / km となっ

た。

3.2 既存の新幹線整備手法の課題

新幹線の整備方法としては、フル規格新線の建設のほか、暫定整備計画としてミニ新幹線やスーパー特急方式があり、さらには車両側に軌間変更機能を持たせた FGT (= Free Gauge Train) を用いて標準軌の高速新線と狭軌の在来線とを直通運転する方法も検討されている。いずれもローコスト整備手法ではあるものの、課題も存在している。これらの基本的な特徴は文献（波床, 2016）に示されているが、提唱している単線新幹線を含めて簡単にまとめておく（表 3）。

ミニ新幹線は標準軌の新幹線電車が直通運転できる安価なシステムであるが、路線の線形は在来線そのものであるため低速であり、ローカル列車との線路の共有や平面踏切の存在が課題である。スーパー特急方式は、新幹線規格のインフラに狭軌の軌道を敷設して狭軌特急列車を 200 km/h 程度で走行する想定であったが、実際には対応した車両の開発が行われておらず、インフラの建設費もフル規格とあまり変わらなかった。FGT は基本的には在来線での改軌を要しないミニ新幹線システムであり、基本的な特徴もミニ新幹線に準ずる。

一方、本研究を含む一連の研究（波床, 2016）で提唱する単線新幹線システムについては、単線であることを除

表 3：各整備方式の特徴概要

名称	フル規格	ミニ新幹線	スーパー特急方式	FGT	単線新幹線
事例	整備新幹線	山形 / 秋田新幹線	青函トンネル区間	—	—
構造物	複線の高速新線	在来線転用	複線の高規格新線	在来線そのもの	高速新線
軌道	標準軌	軌間のみ標準軌化	狭軌 (将来は標準軌化)	在来線そのもの	標準軌
速度	260 km/h 以上	130 km/h 程度	140 km/h 程度	130 km/h 程度	260 km/h 以上
本数	毎時片道 15 本以上	毎時片道 2 本程度	在来線複線区間程度	在来線次第	毎時片道 2 本程度
費用	50 ~ 100 億円 /km	数億円 /km	50 ~ 100 億円 /km	車両費と 軌間変換設備	安価 (具体的な額は不明)
信頼性	ほとんど遅れない	普通列車 踏切、鳥獣 降雨、降雪	普通列車 貨物列車	普通列車 踏切、鳥獣 降雨、降雪	「ミニ」のような 課題はない
車両	大型車体 320 km/h 対応	小型車体 320 km/h 対応	小型車体 160 km/h 程度	小型車体 270 km/h 対応	車体の大小不問 高速運転
直通	新幹線直通	新幹線直通	在来線直通 (乗換必要)	新幹線直通	新幹線直通
駅	新規	既存駅活用	新規 / 既存	既存駅活用	どちらでも
備考	工費大	工期短い	工費大	工期短い	—

いて線路は高速運転ができる仕様とし、場合によってはミニ新幹線用車両を使用することで当面の駅部の整備を簡略化することで、高速運転しながらも低廉なシステム整備を目指すものである。

3.3 単線新幹線システムの概要

前述の単線新幹線システムの概要を説明する。前提条件としては、運転本数は片道 2 本 / 時で等時間間隔での運転、最高速度を 260 km/h とする。例えば平均駅間距離を約 32 km とし、全駅全列車停車、基本的には全線単線の路線を想定する。列車の交換可能箇所は駅のほか、駅間でも 160 km/h に減速するだけで走行しながらすれ違い可能な信号場を設置した場合、表定速度は約 150 km/h (整備新幹線の各駅停車型列車と同程度) とすることができる。

このとき、駅や信号場の構内は列車の交換のために線路を複線にする必要があるが、分岐器部分を含めて駅構内は約 0.9 km、信号場構内は約 6.7 km と見積もられており、具体的な区間設定を行って駅と信号場の配置を検討した上で計算した結果、路線全体としては全線複線である場合に比べて軌道延長を約 40% 低減できることがわかった。

3.4 本研究の設定条件

本研究では単線新幹線システムの整備費用推計について表 4 のように 3 つのケースを設定する。

第 1 のケースは近い将来におけるフル規格新幹線としての開業を想定し、それまでの間の当面について信号場構内を除く駅間の線路だけを単線とする方法である。橋梁やトンネルは複線仕様のもを建設して軌道だけ単線を敷設するものとし、駅についてもフル規格新幹線と同じものを建設する方法である。

第 2 のケースはフルサイズの電車の乗り入れは想定す

表 4：ケース設定

ケース	隧道・橋梁	駅	電車
第 1	複線仕様	フル規格時と同じ	フルサイズ
第 2	単線仕様	フル規格時と同じ	フルサイズ
第 3	単線仕様	在来駅構内のみ改軌	当面ミニ

るものの、近い将来の複線化は想定せずに単線開業するものである。上記のケースとの違いは、単線部分の橋梁やトンネルなどはフルサイズの電車が通過可能かつ単線仕様のもを建設するという点である。

第 3 のケースは、将来的なフルサイズの電車の乗り入れを想定しながらも、単線システムの基本的な特徴を失わない範囲での最低限のインフラを行うものであり、当面はミニ新幹線車両での運行とするものである。前述の第 2 のケースを基本としながらも、駅部分については現行の在来線駅を活用し、駅構内の軌道を標準軌に改軌するだけである。ただし、道路や他路線との平面交差や普通列車との線路共有は想定しない独立した新幹線システムとする。

4. 整備コストに関する調査

4.1 単線新幹線の整備コストの推計方法について

過去における在来線整備時の構造種別ごとの工事費と施工延長の実績値について文献 (日本鉄道建設業協会, 1990) を用いて調査し、建設工事費デフレーターを用いて 2010 年価格に調整 (費用は工事着手時の年次のもとして処理) の上、単線整備と複線整備の工事単価の比率を算出する。次に、表 2 に示した北陸新幹線の構造種別ごとの工事単価に上述の比率を乗じて新幹線の単線インフラの建設単価とする。

$$SC^k_{single} = SC^k_{double} \times SDR^k \quad (1)$$

$$SDR^k = ZC^k_{single} / ZC^k_{double} \quad (2)$$

k: 種別 (路盤、隧道、橋梁)

single: 単線

double: 複線

SC: 新幹線整備単価 (2010年)

ZC: 在来線整備単価 (2010年)

SDR^k: 種別 k の単線複線単価比

工事費と施工延長の実績値を調査する際、あまりに古い実績値は参考にならない可能性がある。關 (2011) によると予定価格の体系、積算方法、歩掛等が標準化されたのは1960年代以降であること、また、石油危機以降大幅に物価が上昇したことなどから、参考とするデータは工事着手が1973(昭和48)年以降のものだけとした。

次節以降は、上記の式の SDR^k に相当する値を求める作業が主体である。

4.2 路盤区間に関する分析

日本鉄道建設業協会 (1990) 記載の在来線の建設請負実績のうち、施工延長、工事着手年次、請負額の全てが判明した実績データについて単線区間、複線区間それぞれについて施工延長および請負額を合計し、これらをもとに工事単価 (用地費除く) を求めたものが表5である。複線区間に比べて単線区間の費用は半分程度 (45.4%) となった。

表2の北陸新幹線 (複線) の路盤区間の建設単価 (55.10 億円/km) と表4の在来線複線の路盤区間の建設単価 (10.24 億円/km) とでは値が大きく異なっているが、北陸新幹線の路盤区間は工事延長の2%未満であり、ごく例外的な区間であった可能性が高いと思われる。なお、東九州新幹線鉄道建設促進期成会 (2016) では、新幹線の路盤区間 (複線) の建設単価は24億円/km程度 (用地費込み) と推定している。

4.3 橋梁区間 (高架橋含む) に関する分析

橋梁区間 (高架橋含む) についても基本的には前節と

同様の方法で分析するが、日本鉄道建設業協会 (1990) 記載の橋梁や高架橋の請負実績には施工延長と橋梁長 (高架橋長) が一致しないデータが数多く見られる。これは橋梁の前後の路盤区間を含めての施工実績が橋梁区間として示されているものと思われるため、まず施工延長と橋梁長の差を橋梁工事と同時に施工された路盤区間長と想定し、前節の路盤区間の単価を乗じて路盤整備に要した費用を算定し、これを資料上の請負業額の合計から差し引いたものを橋梁区間 (高架橋含む) の請負額とした。

$$L^{roadbed} = L^{contract} - L^{bridge} \quad (3)$$

$$C^{bridge} = C^{contract} - ZC^{roadbed} \times L^{roadbed} \quad (4)$$

$L^{roadbed}$: 路盤区間長

$L^{contract}$: 施工延長

L^{bridge} : 橋梁長

C^{bridge} : 橋梁費

$C^{contract}$: 請負額

$ZC^{roadbed}$: 路盤区間単価

以上のような事前処理を行った後、橋梁区間 (高架橋含む) の工事単価 (用地費除く) を求めたものが表6である。複線区間に比べて単線区間の費用は半分程度 (46.0%) となった。なお、東九州新幹線鉄道建設促進期成会 (2016) では、橋梁と高架橋 (いずれも複線) を別々に推定しており、前者は50億円/km、後者は60億円/km (いずれも用地費込み) としている。

4.4 隧道区間に関する分析

隧道 (トンネル) 区間についても橋梁区間と同様に施工延長と隧道長が一致しないデータが数多く見られるため、前節と同様の方法で事前処理を行った上で分析した。その結果、隧道区間の工事単価 (用地費除く) を求めたものが表7である。複線区間に比べて単線区間の費用は3分の2程度 (66.4%) となった。なお、東九州新幹線鉄道建設促進期成会 (2016) では、新幹線隧道区間 (複線) は40億円/kmと推定している。

高速運転可能な新幹線用単線トンネルとはどのような

表5: 在来線路盤区間の調査結果概要

n	施工延長計 (km)	2010年価格		比率 (%)	
		請負額計 (億円)	単価 (億円/km)		
単線区間	46	100.1	4.65	100	45.4
複線区間	16	23.3	10.24	220	100

表6: 在来線橋梁区間 (含む高架橋) の調査結果概要

n	橋梁長計 (km)	2010年価格		比率 (%)	
		請負額計 (億円)	単価 (億円/km)		
単線区間	65	36.1	14.29	100	46.0
複線区間	114	74.5	31.05	217	100

表 7：在来線隧道区間の調査結果概要

	n	隧道長 計 (km)	2010 年価格		比率 (%)	
			請負額 計 (億円)	単価 (億円 /km)	100	66.4
単線区間	35	48.1	762.3	15.83	100	66.4
複線区間	24	21.9	523.1	23.86	151	100

設計とすべきかについては空力学特性の面からの詳しい検討が必要と考えられるが、在来線であるえちごトキメキ鉄道日本海ひすいライン（旧 JR 西日本北陸本線）の複線トンネルが断面積 50.72 m²（日本国有鉄道，1970）であるのに対し、単線トンネルのうち特一号型の断面積は 24.4 m²（斎藤，1983）である。つまり、単線トンネルの断面の選定方法によっては、その断面積は複線トンネルの約半分（48%）となることから、複線トンネル内での列車すれ違い時と単線トンネル内の走行時とでは列車の断面積がトンネル断面積に占める割合はほぼ同じにすることができると考えられ、これを参考に新幹線用単線トンネルの設計は可能ではないかと考えられる。また、新幹線の速度域よりは低速であるが、既に在来線単線トンネルにおいて 160 km/h 営業運転の実績はある（北陸新幹線開業以前の北越急行線内における特急はくたか号）。

5. 単線新幹線システム全体での建設単価

5.1 インフラの種別ごとの建設単価

フル規格複線整備の場合の例として北陸新幹線の長野-金沢間を想定し、これを基準に前章の各節で求めた在来線の単線区間と複線区間の整備コストの比を用いて単線用のインフラ整備コストを式（1）によって計算した。その結果を表 8 の「項目別単価の部」における「路盤費（単線）」「橋梁費（単線）」「隧道費（単線）」の各項目に示した。また、その他の単価については表 2 で計算したものを併せて同表に示した。

試算結果として新幹線用の単線線路のうち、路盤区間の建設単価は 25.02 億円 /km（複線の 45.4%）、橋梁（高架橋含む）区間の建設単価は 19.04 億円 /km（複線の 46.0%）、隧道区間の建設単価は 21.38 億円 /km（複線の 66.4%）である。いずれも用地費は含まない。

5.2 単線新幹線システム全体の建設単価

本節では、北陸新幹線長野-金沢間を単線新幹線システムで整備した場合を想定し、どの程度の建設費になるかについて表 8 に示した単価を用いて試算する。

波床（2016）では、3.3 節で説明したような条件の単線新幹線システムを構築した場合、検討対象とした区間の延長 284.8 km のうち複線区間が 53.3 km（全体の 18.7%）、単線区間が 231.5 km（全体の 81.3%）と試算され、全線複線である場合に比べて軌道延長を 40.6% 減少させられると計算している。本節では、北陸新幹線長野-金沢間を単線新幹線システムで整備すると仮定し、単線区間と複線区間の比率が上記の試算結果と同じであると想定した

上で 3.4 節に示した 3 つのケースについて路線全体の建設費を試算した。単線と複線の割合は、路盤、橋梁、隧道のどの区間でも同一であると想定した。

表 8 にはその試算結果を示しているが、第 1 ケースの橋梁や隧道などのインフラは全て複線仕様で建設し、軌道の敷設だけで単線システムとした場合の建設単価は 68.9 億円 /km となった。これは、フル規格の複線の高速新線を建設する場合の 75.9 億円 /km に比べて 9.2% 安価になるだけであった。橋梁や隧道などを単線仕様とした第 2 ケースの場合は 52.6 億円 /km となり、フル規格複線新線に比べて 31.1% 安価になるという試算結果となった。さらにインフラを単線仕様とした上で駅部をミニ新幹線のように既存駅を活用する第 3 ケースの場合、建設単価は 48.3 億円 /km となり、フル規格複線新線に比べて 36.3% 安価になるという結果となった。このように、表 1 に示したフル規格を前提とした整備時の各要素の個々のコスト縮減割合よりも大幅に、かつ全般にわたってコスト縮減可能であり、新幹線システムの建設費を大幅に引き下げられる可能性があることがわかった。

なお、北陸新幹線長野-金沢間については運転本数が多いため、実際には単線新幹線システムで整備することは適切ではなく、あくまで建設コストがどの程度低減されるかを試算する目的で取り上げたものである。

5.3 本研究の試算結果の汎用性について

図 1 は、近年工事対象となった整備新幹線について構造種別の路線延長の全長に対する割合を示したものであり、東九州新幹線鉄道建設促進期成会（2016）に記載された構造種別の路線延長の数値をもとに作図した。ただし、橋梁については本研究の分類に合わせて高架橋を含んだものとしている。

本研究では北陸新幹線の長野-金沢間の数値に基づいて計算を行ったが、図 1 によると全体と比べて北陸新幹線の長野-金沢間は隧道がやや多め、橋梁がやや少なめであるものの、概ね平均的である。このため、本研究の結果をそのまま使用しても大きな問題は生じないものと思われる。単線区間の建設費は、路盤区間や橋梁区間では複線の概ね半分程度であるものの、隧道区間では複線の概ね 3 分の 2 であり、隧道の割合が多い路線ほど（隧道自体が比較的低コストではあるものの）単線を採用してもコストが下がりにくい傾向にあると考えられる。逆に、隧道が少なく高架橋等が多い場合はコストが下げやすいとも言える。

表 8：単線新幹線システムの整備単価試算結果

項目別単価の部	フル規格 (複線新線)		第1ケース (軌道のみ単線敷設)		第2ケース (単線仕様インフラ)		第3ケース (既存駅活用)				
	単価	単位	単位数量	数量	小計	数量	小計	数量	小計		
用地費	5.24	億円/km	軌道延長	462.2	2,422.1	274.4	1,437.7	274.4	1,437.7	274.4	1,437.7
路盤費(複線)	55.10	"	区間長	3.7	203.9	3.7	203.9	0.7	38.2	0.7	38.2
"(単線)	25.02	"	"	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	75.2	3.0	75.2
橋梁費(複線)	41.37	"	"	124.7	5,158.6	124.7	5,158.6	23.3	965.4	23.3	965.4
"(単線)	19.04	"	"	0.0	0.0	0.0	0.0	101.4	1,930.1	101.4	1,930.1
隧道費(複線)	32.22	"	"	102.7	3,309.1	102.7	3,309.1	19.2	619.3	19.2	619.3
"(単線)	21.38	"	"	0.0	0.0	0.0	0.0	83.5	1,784.8	83.5	1,784.8
軌道費	1.86	"	軌道延長	462.2	857.7	274.4	509.1	274.4	509.1	274.4	509.1
停車場費	122.8	億円/箇所	施設数	7	859.6	7	859.6	7	859.6	0	0.0
車庫・検査 修繕施設費	782.4	"	"	1	782.4	1	782.4	1	782.4	1	782.4
諸建物費	0.11	億円/km	工事延長	231.1	25.2	231.1	25.2	231.1	25.2	231.1	25.2
電灯・電力線費	0.95	"	"	231.1	219.8	231.1	219.8	231.1	219.8	231.1	219.8
通信線路費	1.03	"	"	231.1	237.9	231.1	237.9	231.1	237.9	231.1	237.9
運転保安 設備費	1.57	"	"	231.1	362.7	231.1	362.7	231.1	362.7	231.1	362.7
防護施設費	0.39	"	"	231.1	90.7	231.1	90.7	231.1	90.7	231.1	90.7
電車線路費	0.40	"	軌道延長	462.2	186.3	274.4	110.6	274.4	110.6	274.4	110.6
変電所費	2.24	"	工事延長	231.1	517.7	231.1	517.7	231.1	517.7	231.1	517.7
工事関係	15.1	%	対上記計		2,300.3		2,087.6		1,595.5		1,465.7
			総費用	億円	17,534.0	億円	15,912.5	億円	12,161.9	億円	11,172.5
			建設単価	億円/km	75.9	億円/km	68.9	億円/km	52.6	億円/km	48.3
				フル比	100%	フル比	90.8%	フル比	69.4%	フル比	63.7%

注：2010年価格、北陸新幹線長野－金沢間 [231.1 km] を例に。

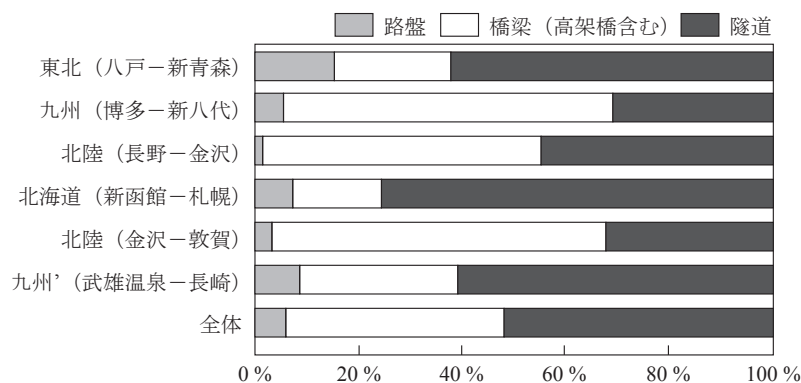


図 1：整備新幹線の構造種別区間長割合

6. 本研究の成果と今後の課題

本研究では在来線の建設請負実績資料をもとに単線区間と複線区間でインフラ種類別に建設単価がどの程度異なるかを調査した。その上で、在来線における単線区間と複線区間との建設単価の比が新幹線用インフラについても同様であるとの仮定の下に、新幹線用単線インフラの建設単価を推計し、路盤区間、橋梁区間、隧道区間

の建設単価を求めた。

さらに、3種類のケースについて路線全体の費用を試算した結果、ミニ新幹線のように駅部は在来駅を活用しながらも駅間部分は単線仕様のインフラを使用した単線新幹線システムとした場合、フル規格新線に比べて36.3%コストを低減させることができることがわかった。

一方、単線新幹線システムはコストが安いことがわかつ

た反面、運転速度もフル規格新線に比べてやや低いという特徴がある。このため、今後の研究課題としては、費用対効果といった観点やその他の視点から、どのような路線において単線新幹線システムが成立しうるのかなどについて分析してゆくことなどが考えられる。

謝辞

本研究は公益財団法人大林財団の平成 28 年度研究助成を受けて実施されている。ここに感謝の意を表したい。

引用文献

- 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (2008). コスト構造改革プログラム. <http://www.jrft.go.jp/02business/construction/pdf/infoH201113.pdf>. (2017 年 5 月 14 日取得)
- 波床正敏 (2016). 新幹線における暫定整備計画の課題と改善方策—単線方式による新幹線システムの可能性—. 実践政策学, Vol. 2, No. 2, 151-160.
- 東九州新幹線鉄道建設促進期成会 (2016). 東九州新幹線調査報告書. 株式会社野村総合研究所 (調査実施機関). http://www.pref.miyazaki.lg.jp/sogokotsu/shakaikiban/kotsu/documents/22272_20160426094451-1.pdf. (2017 年 5 月 14 日取得)
- 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会整備新幹線小委員会 (第 8 回) (2012). (資料 3) 整備新幹線におけるコスト削減の取り組みの事例について. <http://www.mlit.go.jp/common/000204764.pdf>. (2017 年 5 月 14 日取得)
- 楠木行雄 (2012). 整備新幹線財源の持続可能性に関する法制的問題点の検討. 運輸政策研究, Vol. 15, No. 3, 29-39.
- 根津佳樹・神田佑亮・小池淳司・白水靖郎・藤井聡 (2013). 西日本における国土強靱化インフラ整備による総合的マクロ効果予測研究. 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 69, No. 4, I_57-I_68.
- 日本国有鉄道 (1970). 北陸本線糸魚川・直江津間線路増設工事誌.
- 日本鉄道建設業協会 (1990). 日本鉄道請負業史. 昭和 (後期) 編.
- 齋藤徹 (1983). 技術者のためのトンネル工事ポケットブック. 山海堂.
- 關豊 (2011). 鉄道工事における請負契約と積算の歴史の変遷. 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 67, No. 1, 63-73.
- 曾根慎太郎・紀伊雅敦・土井健司 (2013). 香川を起点とする四国高速鉄道導入の社会的経済効果分析. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 69, No. 5, I_639-I_648.

Abstract

In the near future, all the second-phase Shinkansen projects will be completed. On the other hand, additional construction of new Shinkansen lines may face severe reality in terms of cost.

Single-track Shinkansen system has been proposed as a method of low-cost construction in a related research of this paper. The new system can reduce the total length of track by about 40 % as compared with the entire double-track line. It can also ensure service level of two trains per hour per direction with scheduled speed of almost 150 km/h. However, details on construction cost of single-track Shinkansen system have not been investigated yet. Therefore, in this research, it has been investigated how much construction cost is different for each type of infrastructure between the single-track sections and the double-track sections based on the construction contractual records of the conventional lines. An assumption was made that ratios of construction costs between single-track sections and double-track sections on the conventional lines are the same for the bullet train infrastructures. And unit costs of infrastructure for Shinkansen with single-track have been estimated for each of the roadbed section, bridge section, and tunnel section. As a result of trial calculation, in case of using existing stations instead of building brand-new stations and building single-track high-speed line between stations, the full standard double-track line costs 7.59 billion yen per kilometer, while it was found that the single-track Shinkansen system expends only 4.83 billion yen per kilometer. That is, the cost could be reduced by 36.3% compared with the double-track Shinkansen system.

(受稿：2017 年 5 月 16 日 受理：2017 年 7 月 10 日)