

■新規ルートのルート及び構造形式の概要

【トラムトレインケース8（読谷・国道58号）】

凡 例	
■	高架
■	盛土
■	掘削
■	地下
■	山岳トンネル
■	地中

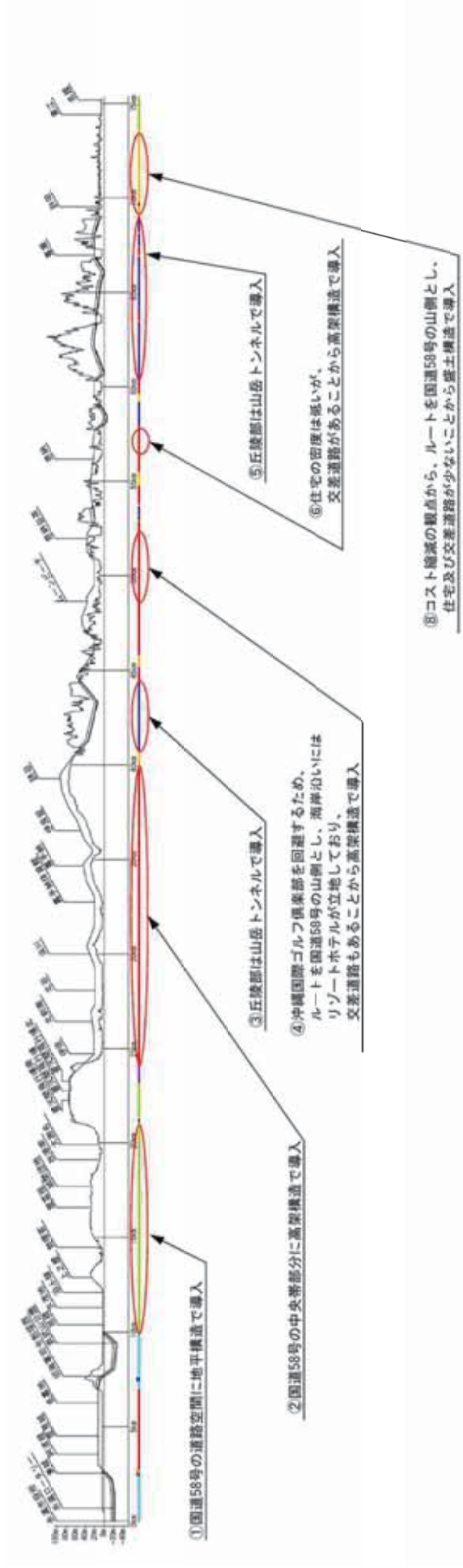


図 新規ルートのルート及び構造形式の概要 [トラムトレインケース8（読谷・国道58号）]

(5) 所要時間の算出結果

平成 26 年度調査の検討ルートのうち、ルート等を見直しを行ったケース 2 (うるま・国道 330 号)、ケース 7 (うるま・国道 58 号) と、コスト縮減の観点から新たなルートとして設定したケース 8 (読谷・国道 58 号) について、所要時間及び表定速度*を算出した。

*：表定速度とは、列車が駅間を走行する時間だけではなく、これに途中駅の停車時分を加えた運転時間で列車の運転区間の距離を除いた速度のこと。表定速度＝運転区間の距離÷運転時間（走行時間＋停車時分）

1) 鉄道

① ケース 2 (うるま・国道 330 号)

ケース 2 (うるま・国道 330 号) では、ルート等を見直したことで、糸満市役所～名護までの所要時間が快速では約 2 分、各駅停車では約 6 分減少した。

表 鉄道ケース 2 (うるま・国道 330 号) の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 23、25 年度調査 ^{注)}			平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間 (表定速度)	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	76.8km	快速	67 分 (69km/h)	75.4km	快速	65 分[▲2 分] (70km/h)
		各駅停車	93 分 (50km/h)		各駅停車	87 分[▲6 分] (52km/h)
那覇空港～名護	/			68.8km	快速	58 分 (72km/h)
					各駅停車	72 分 (57km/h)
旭橋～那覇空港	3.7km	快速 各駅停車	5 分 (45km/h)	4.0km	快速 各駅停車	5 分[±0 分] (48km/h)

注) 糸満市役所～名護：平成 23 年度調査、旭橋～那覇空港：平成 25 年度調査

② ケース 7 (うるま・国道 58 号)

ケース 7 (うるま・国道 58 号) では、ルート等を見直したことで、糸満市役所～名護までの所要時間が快速、各駅停車とも約 1 分減少した。

表 鉄道ケース 7 (うるま・国道 58 号) の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 24、25 年度調査 ^{注)}			平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間 (表定速度)	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	77.9km	快速	66 分 (71km/h)	76.2km	快速	65 分[▲1 分] (70km/h)
		各駅停車	93 分 (50km/h)		各駅停車	92 分[▲1 分] (50km/h)
那覇空港～名護	/			69.5km	快速	57 分 (73km/h)
					各駅停車	78 分 (54km/h)
旭橋～那覇空港	3.6km	快速 各駅停車	5 分 (45km/h)	3.8km	快速 各駅停車	4 分[▲1 分] (57km/h)

注) 糸満市役所～名護：平成 24 年度調査、旭橋～那覇空港：平成 25 年度調査

③ ケース 8 (読谷・国道 58 号)

ケース 8 (読谷・国道 58 号) では、糸満市役所～名護間の所要時間が快速 63 分、各駅停車 88 分となった。本ケースは、他のケースに比べて距離が短いこと、また快速停車駅数が少ないことから快速の所要時間は短くなっている。

一方、各駅停車の所要時間がケース 2 (うるま・国道 330 号) に比べて長くなっているのは、嘉手納～読谷付近に急曲線区間があり、速度が低下するためである。

表 鉄道ケース 8 (読谷・国道 58 号) の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	74.5km	快速	63 分 (71km/h)
		各駅停車	88 分 (51km/h)
那覇空港～名護	67.8km	快速	56 分 (73km/h)
		各駅停車	73 分 (56km/h)
旭橋～那覇空港	3.8km	快速 各駅停車	4 分 (57km/h)

2) ترامトレイン

① ケース 2 (うるま・国道 330 号)

ケース 2 (うるま・国道 330 号) では、ムーンビーチ～名護間のルートを海沿いの国道 58 号に沿うルートに見直したこと等により、糸満市役所～名護までの所要時間が約 3 分増加した。

表 ترامトレインケース 2 (うるま・国道 330 号) の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 25 年度調査			平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間 (表定速度)	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	77.1km	各駅停車	122 分 (38km/h)	75.6km	各駅停車	125 分[+3 分] (36km/h)
那覇空港～名護	/			68.8km	各駅停車	108 分 (38km/h)
旭橋～那覇空港	/			4.0km	各駅停車	6 分 (40km/h)

② ケース 7（うるま・国道 58 号）

ケース 7（うるま・国道 58 号）では、糸満市役所～名護までの所要時間は平成 25 年度調査と変わらなかった。これは、旭橋～普天間飛行場間では普天間飛行場付近のルートを見直ししたことにより所要時間が減少したが、ムーンビーチ～名護間では海沿いの国道 58 号に沿うルートに見直ししたことにより所要時間が増加しているためである。

表 ترامトレインケース 7（うるま・国道 58 号）の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 25 年度調査			平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間 (表定速度)	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	77.9km	各駅停車	117 分 (40km/h)	76.3km	各駅停車	117 分[±0 分] (39km/h)
那覇空港～名護	/			69.5km	各駅停車	105 分 (40km/h)
旭橋～那覇空港	3.7km	各駅停車	6 分 (37km/h)	3.8km	各駅停車	6 分[±0 分] (38km/h)

③ ケース 8（読谷・国道 58 号）

ケース 8（読谷・国道 58 号）では、糸満市役所～名護間の所要時間が 105 分となり、他のケースに比べて距離が短いため、所要時間も短くなっている。

表 ترامトレインケース 8（読谷・国道 58 号）の所要時間・表定速度の比較

区 間	平成 26 年度調査		
	距離	列車運行種別	所要時間[増減] (表定速度)
糸満市役所～名護	74.6km	各駅停車	105 分 (43km/h)
那覇空港～名護	67.8km	各駅停車	94 分 (43km/h)
旭橋～那覇空港	3.8km	各駅停車	6 分 (38km/h)

2. 3. 3 ランニングコストの縮減方策に関する検討

平成25年度調査では、小型システムや地下区間から地上区間への構造変更等のイニシャルコスト縮減方策について検討した。

平成26年度調査では、メンテナンスコストや運行コストの縮減の可能性についても調査し、既存技術及び研究中技術の整理や鉄道事業者等へのヒアリング結果から、将来技術の展望についてとりまとめた。

調査項目を以下に示す。

表 ランニングコストの縮減に関する調査項目

分野	コスト縮減方策
土木構造物	・点検・計測の自動化・機械化
車両	
軌道	
電気設備	
運行	・ドライバーレス運転 ・無線による列車制御技術 ・省エネルギー技術

(1) 土木構造物のメンテナンスに関するコスト縮減方策

1) 点検技術

① ヒアリング結果

トンネル内面の目視や打音での点検は、従来は人力移動足場で行っていた。

近年は専用高所作業車を使用し、モーターカーで牽引することで足場の設置撤去手間が無くなり、従来の人力移動足場で行っていた点検に比べて大幅な工期の短縮が可能となっている。

② 研究中の技術

土木構造物の点検技術に関する研究としては、「レーザーや高性能カメラ、赤外線によるトンネル内面検査」*1による点検の自動化や「無人航空機による橋梁の点検」*2による機械化等がある。

一般に、軌道内で点検を行う場合には、列車を運行していない時間（終電から始発までの3時間程度）で行う場合が多いため、人力の点検（目視・打音）では日数を多く要したり、人件費によりメンテナンスに要する費用が高額になっている。今後、土木構造物点検の自動化・機械化が進めば、工事期間が短くなり、メンテナンス費用も縮減される可能性がある。

*1：「赤外線を利用した検査の可能性の検討」、『基礎工』平成26年7月号，p.19，総合土木研究所

*2：「UAVの土木カー 活用が始まった無人航空機の実力を徹底解剖」、『日経コンストラクション』平成26年7月28日号，p.28-37，日経BP社

2) 計測技術

○ 研究中の技術

コンクリートのひび割れや鋼材の亀裂を自動でモニタリングする技術の研究としては、「通電塗料を用いたコンクリートのひび割れ検知」*¹や「振動発電を利用した鋼材の疲労亀裂の検知」*²等がある。

今後、コンクリートのひび割れや鋼材の亀裂をセンサーで自動計測するシステムが実用化されれば、土木構造物のメンテナンスに要する人件費が縮減される可能性がある。

*1：仁平達也（平成 26 年）「RC 構造物の導電塗料を用いたモニタリング」（鉄道総合技術研究所, 平成 26 年度構造物技術交流会発表資料）

*2：吉田善紀（平成 26 年）「鋼鉄道橋の振動発電を利用したモニタリング」（鉄道総合技術研究所, 平成 26 年度構造物技術交流会発表資料）

(2) 車両のメンテナンスに関するコスト縮減方策

1) ヒアリング等の結果

架線が必要ないことやメンテナンスフリー化が可能な点から、「第三軌条方式*」は沖縄の気象条件（台風による強風、塩害）に適している。ただし、第三軌条方式は、緊急時の際に軌道上を旅客が避難する場合、第三軌条の通電が停止された後となり、安全性に問題が生じるというデメリットがある。

他方、トンネル等の強風の影響を受けない区間では架線による給電を行い、高架橋等の強風の影響を受けやすい区間では架線を設置せずにバッテリーで走行可能な「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」がある。駅部に充電所を設置すれば、駅間（充電所間）20kmをバッテリーのみで走行可能であり、本調査で想定している最大駅間距離約11kmでも適用可能である。

しかし、駅間（充電所間）11kmをバッテリーのみで走行する場合には、充電時間が2～3分程度必要となり、駅での停車時間がその分延びるため、従来の架線による給電のみを行う「電車」に比べて目的地までの所要時間が増加するという課題がある。

現在、「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」の車両を用いる場合の最高速度は100km/h程度であるが、将来的には130km/h走行が可能とされている。

*：第三軌条方式は、電気鉄道の集電方式の1つであり、走行レールの片側にもう1本、電車運転用の電力を供給する導電レールを敷設し、それを車両に取り付けた集電靴と呼ばれる装置と接触させて電気を集電する方式のこと。

2) 研究中の技術

鉄道車両のメンテナンスは、鉄道運行における安全性、定時性、環境性、車両寿命の確保の面で重要となる。

従来、鉄道車両のメンテナンスは、運転実績をもとに検査周期と走行距離を定めて行う定期保全の考え方に基づいて行われてきたが、より合理的で効率の良い鉄道車両の保全を実現するために、車両状態を監視する技術が開発されている。例を挙げると「表面波による車輪の亀裂検知」や「自律型台車健全性監視装置」等がある。

これまで人間が行ってきた鉄道車両の検査を自動化することにより、車両のメンテナンスに要する人件費が縮減される可能性がある。

(3) 軌道のメンテナンスに関するコスト縮減方策

1) ヒアリング結果

沖縄の塩害環境では、従来のコンクリート製枕木は劣化するため、塩化物で腐食しない短繊維（ピニロン等）を用いたコンクリート枕木が開発されており、塩害で劣化しにくく活用可能である。

短繊維枕木の採用で、枕木取替え周期の延長が可能となり、取替え費用が縮減される可能性がある。

また、経年劣化により軌道のコンクリート道床を交換する際の省コスト技術として、バラスト道床のコンクリート道床化工法がある。従来はバラスト道床に替えた後、再度コンクリート道床を打設し復旧していたが、新技術では、一度バラストに替えた後は、モルタルを充填して、そのままコンクリート道床として使用する方法で材料の節約・コスト縮減を行っている。

2) 研究中の技術

従来人間によって行われてきた計測を自動化する「軌道変位の検測」や「摩耗状況の検測装置」「自動沈下補正まくらぎ」等があり、今後軌道の自動計測やレールの摩耗抵抗性材料の研究が進み、軌道のメンテナンスに要する人件費が縮減される可能性がある。

(4) 電気設備のメンテナンスに関するコスト縮減方策

1) ヒアリング結果

従来の架線の構造は、風速80m/sまで耐えられるよう設計されており、沖縄の台風（風速約50m/s）で問題なく使用可能である。

沖縄の塩害には、「重腐食用ハンガイヤー（架線吊り器具）」を使用すれば効果がある。またガイシ上下の金属ピン電食防止機能を持った「塩害用ガイシ」も存在し、従来より長寿命化する可能性がある。

2) 研究中の技術

架線の本数を低減した「インテグレート（簡素化・統合化）架線」や、従来人間が行っていたものを自動化した「無線センサーによる起電線温度モニタリング」、「画像処理による架線の監視」がある。

上記の技術により、架線保守の省力化が進み、電気設備のメンテナンスコストに要する人件費が縮減される可能性がある。

(5) 運行に関するコスト縮減方策

1) ドライバーレス運転（ヒアリング結果）

東京地下鉄株式会社では、自動運転装置（ATO）を列車に搭載しており、運転手は発車時にボタンを押すだけの操作となっている。ただし、乗務員は災害時の避難誘導員としての役割も大きく、安全上の問題で列車には運転手を乗車させている。

ドライバーレス運転は、技術的には現在でも可能であるが、各鉄道事業者の判断により、非常時や乗降客の安全を考慮して導入の可否を判断しているのが実情である。

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年国土交通省令第151号）」では、「列車には、

動力車を操縦する係員を乗務させなければならない。ただし、施設及び車両の構造等により、当該係員を乗務させなくても列車の安全な運転に支障がない場合は、この限りではない。」とあり、省令の解釈基準によると、これを満足する場合は、「緊急時に旅客が容易に避難できる鉄道である場合。」とある。

地下部駅間での車両火災においては、「緊急時に旅客が容易に避難できる。」とは言えないため、運用時においては「旅客の避難誘導」が義務付けられ、避難誘導者が配置されている。緊急時には、ドライバーが避難誘導者の役割を果たすことから、ドライバーレス運転を導入する際には、旅客の安全性確保や避難誘導システムの構築が必要となる。

上記のように、現状では地下区間に対する規制があり、地下構造の鉄道でドライバーレス運転を実施している例はないため、地下構造部における異常時の旅客の安全確保の課題がある。今後、地下区間に対する規制が緩和された場合には、ドライバーレス運転を導入できる可能性があり、その場合には、運転手等の人件費が縮減できることとなる。

鉄道に関する技術上の基準を定める省令（抜粋）

（平成十三年十二月二十五日国土交通省令第百五十一号）

（動力車を操縦する係員の乗務等）

第十一条 列車には、動力車を操縦する係員を乗務させなければならない。ただし、施設及び車両の構造等により、当該係員を乗務させなくても列車の安全な運転に支障がない場合は、この限りでない。

鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準（抜粋）

（平成十四年三月八日付国鉄技第百五十七号）

II-2 第11条（動力車を操縦する係員の乗務等）関係

1 第1項ただし書中「施設及び車両の構造等により、当該係員を乗務させなくても列車の安全な運転に支障がない場合」は、次の各号を満たす場合であり、かつ、第36条第3号、第58条、第86条第2項に規定する基準に適合するものであること。

(1)略

(2)略

(3)緊急時に旅客が容易に避難できる鉄道である場合。

【縮減可能と想定される人件費の試算】

つくばエクスプレスのデータを参考に、ドライバーレス運転を導入する場合の人件費の縮減額を試算する。

a) つくばエクスプレスの概要（「平成23年度 鉄道統計年報（国土交通省鉄道局監修）」より）

- ・ 運転手の人員：134人
- ・ 職員（役員含む）数：658人

- ・ 年間給与総額：3,662,537千円/年
- ・ 列車の年間運転距離：6,992千キロ/年

よって、1人あたりの年間平均給与額は、以下のとおりとなる。

$$3,662,537\text{千円} / 658\text{人} = 5,566\text{千円/人}$$

b) 沖縄の鉄軌道にあてはめた場合の試算 [鉄道ケース1 (うるま・パイプライン)]

鉄道ケース1 (うるま・パイプライン) の列車の年間運転距離は、6,072千キロである。また、必要な運転手の人数は、つくばエクスプレスの事例をもとに比率で算出すると、以下のとおりとなる。

$$134\text{人} \times 6,072\text{千キロ} / 6,992\text{千キロ} = 116\text{人}$$

よって、運転手の人件費は、以下のとおりとなる。

$$116\text{人} \times 5,566\text{千円/人} = 645,656\text{千円} \approx 650,000\text{千円/年}$$

上記より、沖縄の鉄軌道においてドライバーレス運転を導入する場合、人件費の削減額は、年間約6.5億円と試算される。

2) 無線による列車制御技術 (ヒアリング結果)

無線式信号システムを代表とする列車制御技術の導入目的は、設備の保守コスト削減もあるが、主に移動閉そく方式*を使用した高密度運転の実現である。

従来、地上信号間には列車1編成のみ進入可能であったが、自立型車位置検知情報をセンターで一元管理し、車上自動信号と連動させ、列車の最後尾を進入限界にすると、多数の列車が配置可能となり、高密度運転が可能になる。ただし、地方鉄道では導入コストが高く、運行混雑度も低いのでオーバースペックとなる可能性がある。

地方鉄道では、都市部ほどの運行密度ではないため移動閉そくは不要ともいえ、コストが安価なバリス式閉そくシステムやATP閉そくシステムが適すると考えられる。

ATP閉そくシステムは、汎用携帯無線等を採用することで電子閉そくシステムと比較して低廉となっており、導入コストが削減する可能性がある。また、従来の列車検知システムである軌道回路が不要となり、軌道回路の短絡や信号ケーブル断線による信号故障が減少するため、メンテナンスコストや運行コストが削減する可能性がある。

次頁に、無線による列車制御技術の最新動向及びメリット・デメリットを示す。

*：移動閉そく方式とは、先行列車との距離や、システムによっては双方の列車の速度も考慮して、列車間隔を制御する閉そく方式である。閉そく方式とは、全路線を一定の区間別に分割し、1つの区間に1列車以外走らせない方式のことで、列車の安全運行システムの基本となる。

表 無線による列車制御技術の最新動向

種 別	概 要	開発者
無線式列車制御システム (CARAT ^{注1)} 【開発終了】	<ul style="list-style-type: none"> ・車輪の回転数と地上マーカールにより走行する列車自ら自車位置を検知し、専用無線により地上へ伝送する。 ・地上で全列車位置を把握し各列車の制御を行う。 ・1985年から1995年まで上越新幹線で試験を実施した。現在は開発が終了。 ・その後の実用システム開発のベースとなったシステム。 ・移動閉そく式。 	鉄道総合技術研究所
無線式列車制御システム (ATACS ^{注2)} 【運用間近】	<ul style="list-style-type: none"> ・システムコンセプトはCARATと同一。在来線に適するように踏切制御が追加されている。 ・1997年から2005年にかけて仙石線で走行試験を実施。2017年秋から埼京線に導入予定。 ・移動閉そく式。 	東日本旅客鉄道株式会社
バリス式列車検知形閉そく装置 (COMBAT ^{注3)} 【運用中】	<ul style="list-style-type: none"> ・バリス検知器(センサー)により列車位置を検知し、センターで各列車の制御を行う。 ・導入・維持コストが電子閉そくシステムより低廉。 ・1998年から地方路線で試験走行を実施。2005年に大洗鹿島線で運用され本格導入に向けた検討中。 ・自動閉そく式。 	鉄道総合技術研究所
ATP ^{注4)} 閉そくシステム 【開発中】	<ul style="list-style-type: none"> ・列車の位置は車輪の回転数とGPSにより検知し、汎用携帯無線を使用して情報を伝送する。 ・列車が次の地点までの走行権を取得することで車内信号を表示し、その地点まで走行する。 ・導入・維持コストが電子閉そくシステムより低廉。 ・移動閉そく式。 	鉄道総合技術研究所

注1) CARAT (Computer And Radio Aided Train control system)

注2) ATACS (Advanced Train Administration and Communications System)

注3) COMBAT (Computer and Microwave Balise Aided Train control system)

注4) ATP (Automatic Train Protection)

表 無線による列車制御技術のメリット・デメリット

種 別	メリット	デメリット
無線式列車制御システム (ATACS)	<ul style="list-style-type: none"> ・軌道回路・地上信号等が不要。 ・高密度運転が可能。 ・走行試験及び営業線への導入予定あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・導入・維持コストが高価。
バリス式閉そくシステム (COMBAT)	<ul style="list-style-type: none"> ・軌道回路が不要。 ・導入・維持コストが低廉。 ・運用実績あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地上信号が必要。 ・高密度運転には不向き。
ATP 閉そくシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・軌道回路・地上信号が不要。 ・導入・維持コストが低廉。 	<ul style="list-style-type: none"> ・GPSを使用するため、長大トンネル内では列車位置精度が低下する可能性あり。 ・高密度運転には不向き。 ・開発中なので運用実績なし。

3) 省エネルギー技術

鉄道では、車両の運転、換気、空調、照明、駅設備等で電力を消費する。車両の駆動エネルギーは鉄道の全消費エネルギーの約6割を占めるため、駆動エネルギーに関する省エネ技術が研究されている。

ヒアリング結果では、「2. 3. 3 (2) 車両のメンテナンスに関するコスト縮減方策」で記述した「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」車両（リチウムイオンバッテリーによる車上蓄電）の電力費は、従来の架線による給電のみを行う「電車」に対して約10%程度の縮減が可能という回答を得られた。

【縮減可能と想定される電力費の試算】

つくばエクスプレスのデータを参考に、「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」の車両を用いた場合の電力費削減額を試算する。

a) つくばエクスプレスの概要（「平成23年度 鉄道統計年報（国土交通省鉄道局監修）」より）

- ・ 1年間に使用する運転用電力：1,254,643千円（全編成分）
- ・ 1年間の運転距離：41,953千キロ（全編成分）

よって、1編成、1キロあたりの電力費は、以下のとおりとなる。

$$1,254,643\text{千円} / 41,953\text{千キロ} = 29.9 \approx 30\text{円/編成}\cdot\text{キロ}$$

また、1車両、1キロあたりの電力費は、つくばエクスプレスの列車編成（6両1編成）より、以下のとおりとなる。

$$30\text{円/編成}\cdot\text{キロ} / 6\text{両} = 5\text{円} / \text{車両}\cdot\text{キロ}$$

b) 沖縄の鉄軌道にあてはめた場合の試算 [鉄道ケース1（うるま・パイプライン）]

- ・ 1日あたりの運転距離：66,545.280キロ/日（全編成分）

1年間の電力費は、4両1編成であることから、以下のとおりとなる。

$$66,545.280\text{キロ/日} \times 5\text{円/車両}\cdot\text{キロ} \times 4\text{両} \times 365\text{日} = 485,781\text{千円/年}$$

「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」による車両は、従来の「電車」と比較して10%の省エネ効果があることから、1年間の電力費の縮減額は以下のとおりとなる。

$$485,781\text{千円} \times 10\% = 48,578\text{千円} \approx 49,000\text{千円/年}$$

よって、沖縄の鉄軌道で「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」の車両を導入した場合、従来の架線による給電のみを行う「電車」と比較して、全21編成では年間約4,900万円の電力費を縮減することが可能と試算された。

ただし、「架線とバッテリーとのハイブリッド方式」の車両は、駅等の充電所で充電を要するという課題がある。

表 ハイブリッドシステムの最新の動向

種 別	概 要	開発者
ディーゼルハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・ディーゼルエンジンとリチウムイオン蓄電池で走行する方式。 ・最高速度100km/h ・従来のディーゼルエンジンと比較して約20%の省エネ効果が得られる。 ・2007年から小梅線で運行中。 ・2015年に仙石線に導入予定。 ・2015年から西日本旅客鉄道株式会社で導入予定。 ・列車重量が約10 t 増加する。 	<p>鉄道総合技術研究所 東日本旅客鉄道株式会社 西日本旅客鉄道株式会社</p>
燃料電池ハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・水素燃料電池とリチウムイオン蓄電池で走行する方式。 ・最高速度100km/h ・水素燃料や水素燃料電池が高価。 ・現状では水素の貯蔵、運搬等に対する規制が多い。 (例：高圧ガス保安法、消防法。) ・2006年から試験走行。 ・導入実績なし。 	<p>鉄道総合技術研究所 東日本旅客鉄道株式会社</p>
架線・蓄電池ハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・架線からの電力とリチウムイオン蓄電池で走行する方式。 ・最高速度100km/h ・従来の電車と比較して約10%の省エネ効果が得られる。 ・札幌市営路面電車試験走行済。 ・路面電車の重量増加は約2t。 ・2012年から烏山線で運行中。 ・2012年から九州旅客鉄道株式会社で試験走行中。 ・2016年から筑豊本線で営業運転開始予定。 	<p>鉄道総合技術研究所 東日本旅客鉄道株式会社 西日本旅客鉄道株式会社 四国旅客鉄道株式会社 九州旅客鉄道株式会社</p>

表 ハイブリッドシステムのメリット・デメリット

種 別	メリット	デメリット
ディーゼルハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・ 20%の省エネが可能。 ・ 架線が無くても走行可能なので、台風の影響を受けにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 列車重量が大幅(+約10 t /両)に増加する
燃料電池ハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・ CO2の排出削減量大きい。 ・ 一定の省エネ効果あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コストが高い。 ・ 水素燃料の保存や移動技術等の技術開発の遅れにより、安全性や信頼性に課題あり。 ・ 現状では法規制が多く、運用実績もないため、導入の実現には時間がかかる。
架線・蓄電池ハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10%の省エネが可能。 ・ 重量増が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 充電に必要な範囲は架線が必要となる。地下区間がなく、地上に架線を設置する場合は台風の影響を受けやすい。

表 鉄道の省エネルギー技術

項目	内 容	開発・研究者	出 典
駆動機器	誘導電動機の高効率化	鉄道総合技術研究所	山本貴光(平成23年)「鉄道車両の省エネルギー化に向けた取り組み」(鉄道総合技術研究所,平成23年度 鉄道技術推進センター講演会配布資料)
給電方式	リチウムイオンバッテリーによる車上蓄電	鉄道総合技術研究所	山本貴光(平成23年)「鉄道車両の省エネルギー化に向けた取り組み」(鉄道総合技術研究所,平成23年度 鉄道技術推進センター講演会配布資料)
給電方式	燃料電池車両	鉄道総合技術研究所	山本貴光(平成23年)「鉄道車両の省エネルギー化に向けた取り組み」(鉄道総合技術研究所,平成23年度 鉄道技術推進センター講演会配布資料)

2. 3. 4 その他更なるコスト縮減方策に関する検討

その他更なるコスト縮減方策の検討として、以下に調査した項目を示す。

表 その他更なるコスト縮減方策の調査項目

項目	内容
最新の交通システム	・ 高速新交通システム
車両軽量化による構造物の建設コスト縮減	・ 高架橋の建設コスト比較
新材料によるコスト縮減	・ 超高強度繊維補強コンクリート埋設型枠 ・ 鉄筋の防護対策 ・ 鋼材の防護対策

(1) 最新の交通システムの情報収集

これまで各都市で導入されている新交通システムの概要及び三菱重工業株式会社により開発された「高速新交通システム」の概要を整理した。

1) 従来の新交通システムの概要

新交通システムの定義は、法律上の位置付けがないものの、一般的には、東京臨海新交通臨海線（ゆりかもめ）や神戸新交通ポートアイランド線のように、高架上等の専用軌道を小型軽量のゴムタイヤ付き車両がガイドウェイに沿って走行するシステムを新交通システムと呼んでいる。



出典：神戸新交通株式会社（平成 26 年）「2014 鉄道安全報告書」
<http://www.knt-liner.co.jp/wp/wp-content/themes/knt-liner/company/safe/pdf/safe_2014.pdf>

図 神戸新高速ポートアイランド線

新交通システムの特徴は普通鉄道に比べて、①急曲線（半径 25m 以上）急こう配（60‰）の線路でも支障なく運転できること、②小型軽量車両であるため、軌道構造物（インフラ部）の工事費を軽減できるので建設費が節約できること、③コンピュータ制御の無人運転では、臨時列車の増発・深夜運転等が容易にでき、利用に応じた運行サービスを提供できること等が挙げられる。

ただし、新交通システムは、普通鉄道に比べて最高速度及び輸送力が低い。

2) 高速新交通システムの概要

従来の新交通システムは、昭和 58 年 3 月にとりまとめられた「新交通システムの標準化とその基本仕様」（社団法人日本交通計画協会）及び同年 7 月に旧建設省が通達した「新交通システム基本仕様」の中で車両等の標準化が図られており、国内では最高速度 60km/h で運行されているが、海外では国内の新交通システムをもとに車体を大きくすることにより、最高速度 80km/h の運行実績を有している。

最高速度 80km/h の性能を持つ海外向けの新交通システムに高速性能を付与した新たなシステムとして、「高速新交通システム」が開発された。

従来の海外向けの新交通システムは最高速度が 80km/h 程度であるが、その約 1.5 倍に相当する 120km/h*走行に向けて開発中であり、従来の海外向けの新交通システムに比べて速達性を向上させることが可能となる。



出典：三菱重工業株式会社のホームページ
<http://www.mhi.co.jp/news/story/1410025580.html>

図 高速新交通システム

*：120km/h の実車走行試験を残し第三者認証機関である交通安全環境研究所の認証取得済である。

表 各交通システムの比較

項目	高速新交通システム	従来の新交通システム	スマート・リニアトロ	普通鉄道
編成長 (4両編成の場合)	48.6m	48.0m	49.8m	約 80~82m
車体幅	約 2.8m	約 2.4m	約 2.5m	約 3.0m
1車両あたりの重量 (空車)	約 15 t	約 16 t	約 14 t	約 30~40 t
編成定員 (4両編成の場合)	約 290 名	約 230 名	約 280 名	約 600 名
最高速度	120km/h	60km/h	100km/h	130km/h ^{注)}
最小曲線半径	30m	25~100m	70m	160m
最大こう配	100‰	60‰	60‰	35‰

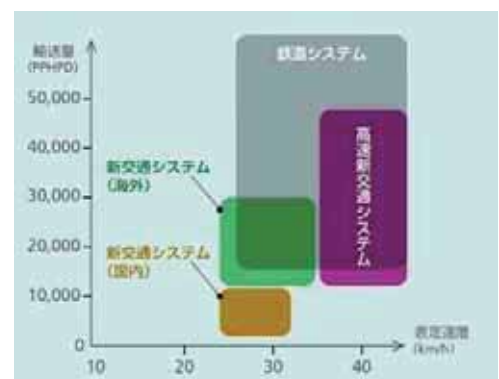
注) 特別急行列車の場合は、これを上回る速度での走行が可能。

3) 高速新交通システムの特徴と課題

① 高速化

従来の海外向けの新交通システムは最高速度が 80km/h 程度であるが、「高速新交通システム」では、新しく開発した高速台車により、その約 1.5 倍に相当する最高速度 120km/h 走行に向けて開発中であり、従来の新交通システムに比べて速達性を向上させることが可能となる。

従来の新交通システムは、駅間距離の比較的短い都市内の交通手段として用いられてきたが、高速化が図られることにより、郊外を含む都市間輸送にも対応可能となる。



出典：三菱重工業株式会社より提供資料

図 想定される高速新交通システムの適用範囲

② 振動・騒音の低減

従来の新交通システムもゴムタイヤの採用により振動や騒音が少ないが、「高速新交通システム」では、新しく開発した高速台車により、一層の振動・騒音の低減を実現している。



出典：三菱重工業株式会社より提供資料

図 新しく開発した高速台車

③ 車体幅を広げることで輸送力及び快適性を向上

「高速新交通システム」の車両幅は約 2.8mで、リニアメトロより広く、普通鉄道とほぼ変わらない車内空間を確保することが可能となる。

ただし、車両長は約 48mと普通鉄道（約 80m）に比べて約 6 割であるため、相対的に輸送力は低い。



出典：三菱重工業株式会社より提供資料

図 高速新交通システムと
リニアメトロの断面比較

④ 車両軽量化により建設コストの縮減、建設期間の短縮

従来の新交通システム及び「高速新交通システム」の1両あたりの重量（空車）は、約 15～16 t と普通鉄道の約 50%となる。土木構造物のスリム化が図られ、建設費が安価となり、建設期間が短いというメリットがある。

⑤ タイヤコストの縮減

従来の新交通システムのタイヤは、重荷重用特殊タイヤであったため、1本あたり約 15 万円で、4両1編成では約 240 万円であった。

「高速新交通システム」では、ダブルタイヤとすることで1本あたりの荷重負担が減少する。また、バスに用いられている一般的なタイヤを採用することで1本あたり約 4 万円で、4両1編成では約 128 万円となり、従来の新交通システムのタイヤと比べて約 112 万円のコスト縮減が図られる。

ただし、「高速新交通システム」の維持補修費については、今後精査が必要となる。

4) 高速新交通システムの特徴のまとめ

「高速新交通システム」の特徴を以下に示す。

【高速新交通システムの特徴】

- ・普通鉄道に比べて急曲線、急こう配に対応可能であり、路線計画の自由度が高い。
- ・高架区間であれば、完全自動運行システムによる無人運転が可能である。
- ・普通鉄道に比べて重量が軽く、車両も小さいため、建設費が安価であり、建設期間が短い。
- ・走行による外部への騒音、振動が少ない。
- ・普通鉄道に比べて車両長が短いため、普通鉄道ほどの輸送力はない。
- ・普通鉄道への乗り入れは不可能であり、乗り継ぎが必要となる。
- ・一般道の路面に導入するLRTやBRTに比べて建設費は高い。

5) 高速新交通システムの導入実績

高速新交通システムについては、日本での導入実績はないが、今後、急速に経済発展している東南アジアをはじめ新興国への導入を目指している。