

(9) 令和元年度調査の検討ケース

令和元年度調査では、建設工事費デフレーターや地価公示価格の上昇率等を考慮して、概算事業費等の精査を行った。また、支線①（名護～沖縄美ら海水族館）については、沖縄北部テーマパークを経由する今帰仁ルートについて路線計画等の見直しを行った。

最新技術の採用では、高速AGT及びHSST（磁気浮上方式）を選定し、モデルルートはケース7（うるま・国道58号・恩納経由+空港接続線・部分単線案）を想定して検討を行った。

沖縄市及びうるま市の市街地（ライカム～胡屋～コザ～うるま市役所）を検討対象区間として、山岳トンネル（NATM）への構造変更可能性について検討を行った。

沖縄県の建設業界の状況や人件費・建設資材価格の状況、交通インフラ整備等について、建設業界にヒアリング調査を行った。また、第二次世界大戦で投下された不発弾等は、沖縄県が約4割（処理重量）を占めており、不発弾対策等について検討を行った。

表 過年度調査におけるコスト縮減方策のレビューと令和元年度調査の検討方針

| コスト縮減方策の着眼点 | 平成24年度 | 平成25～28年度 | 平成29年度 | 平成30年度 | 令和元年度 | |
|--------------|-----------------------------|---------------------------------|--|--|--|---|
| ①各モデルルート等の精査 | 幹線得格軸 | 西海岸ルート（恩納経由） 沖縄自動車道（那覇～許田間） | 西海岸ルート（恩納経由） 東海岸ルート（金武・宜野座経由） | 西海岸ルート（恩納経由） | 西海岸ルート（恩納経由） 大深度地下使用ルート | 西海岸ルート（恩納経由） |
| | 部分単線化 | うるま以北 | うるま以北 全線単線 | うるま以北 | うるま以北 | うるま以北 |
| | 小型システム 施設の簡素化 最新技術の採用 | 鉄輪リニア 改札階削除 | スマートリニアメトロ | スマートリニアメトロ 高速AGT | スマートリニアメトロ 小型鉄道（粘着駆動方式） | スマートリニアメトロ 高速AGT 小型鉄道（粘着駆動方式） HSST（磁気浮上方式） |
| | 駅数の見直し | | 駅数削減 | 駅数削減 | 更なる駅数削減 | 駅数削減 |
| | 構造形式の変更 （地下から高架構造） | 58号（牧港付近） ※基地跡地活用 | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） |
| | モデルルート部分変更 | | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） 旭橋～糸満（海岸ルート） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） 浦添西海岸ルート （旭橋～普天間） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） |
| | 支線軸 （フィーダー路線） | 本部・与那原・ 八重瀬方面 | 本部・与那原・八重瀬・ 嘉手納・読谷・ 金武・宜野座方面 | 本部・与那原・ 八重瀬方面 | 本部・与那原・八重瀬・ 嘉手納・今帰仁方面 | 本部・与那原・八重瀬・ 今帰仁方面（北部開発） |
| ②沖縄県特有の地域特性 | | 気象条件・地質条件等 | 気象条件・地質条件等 地盤液化化対策 | 気象条件・地質条件等 地盤液化化対策 津波対策 | 気象条件・地質条件等 地盤液化化対策 津波対策 不発弾対策 | |
| ③最新技術の採用 | | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 都市NATM | |
| ④その他 | 検討精度（図面縮尺1/25,000相当） | | | 検討精度（図面縮尺1/10,000の検討） | | |

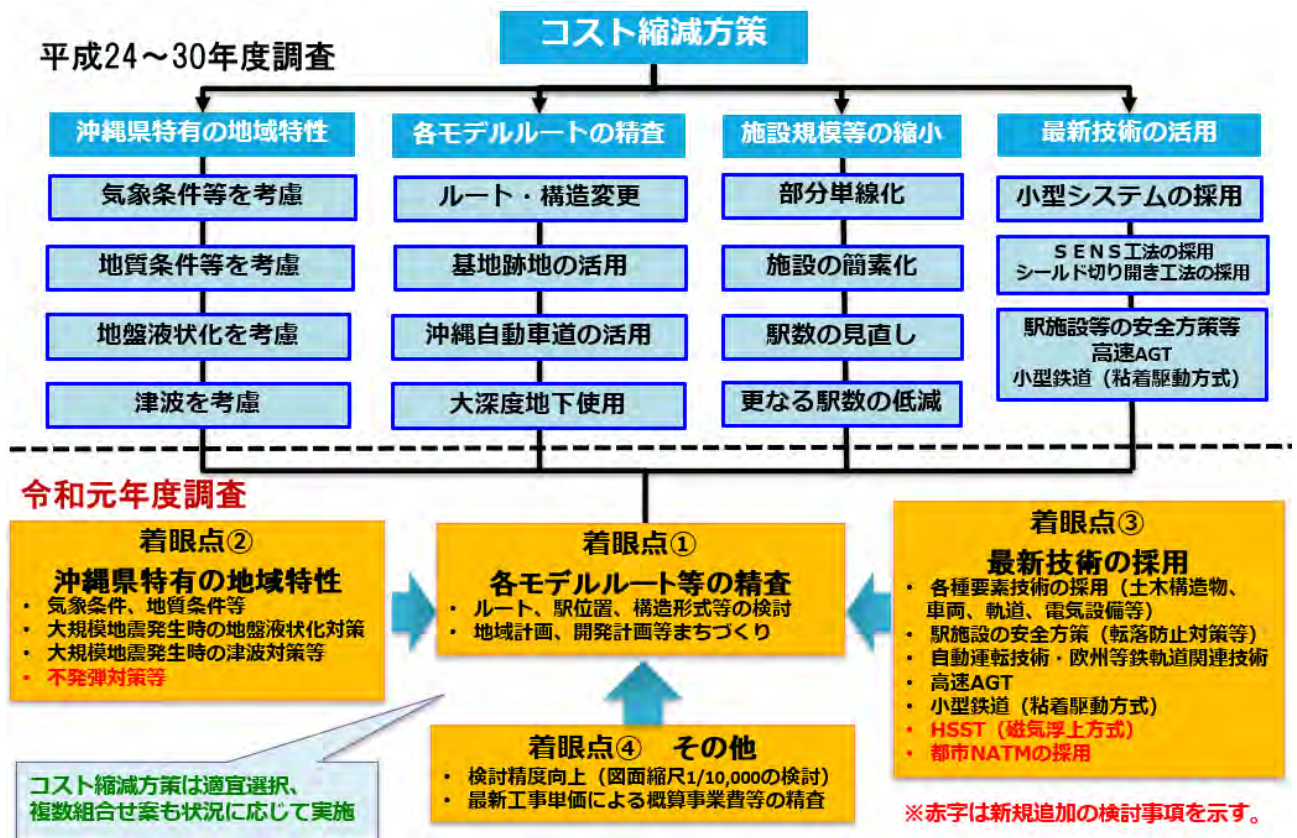


図 実施フロー

表 令和元年度調査の検討ケース

| 検討番号 | 交通システム | ケース概要 | ケース | 検討ルート | | | | |
|-----------|-------------|------------------------|------|----------------------------|-----|--------|----------------|-------|
| | | | | 区 間 | 経由地 | 那覇～普天間 | うるま～名護 | 単線・複線 |
| ① R2-01 | 鉄道 | 基本ケース | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ② T7-01 | トラムトレイン | 基本ケース | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ③ R2-02 | スマート・リニアメトロ | コスト削減方策複数組合せ | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ④ T7-02 | トラムトレイン | コスト削減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑤ A7-02 | 高速AGT | コスト削減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑥ H7-02 | HSST | コスト削減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑦ R2-01D | 鉄道 | 構造変更 (基本ケース) | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ⑧ R2-01+① | 鉄道 | 北部支線軸整備 (基本ケース+支線①) | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 +支線① | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |



図 令和元年度調査のモデルルートの概要

(10) 令和2年度調査の検討ケース

令和2年度調査では、需要量に応じた駅施設規模の精査（駅舎のコンパクト化）や運行列車の編成両数の検討、沖縄特有の状況等を考慮した概算事業費の精査として、地滑りや河川氾濫による浸水被害等防災上の観点から見たモデルルート等の精査、最新技術車両の導入可能性の検討として、急勾配に対応した小型鉄道（粘着駆動方式等）の導入可能性について検討を行った。

表 過年度調査におけるコスト縮減方策のレビューと本年度調査の検討方針

※赤字は新規追加の検討事項を示す。

| コスト縮減方策の着眼点 | 平成24年度 | 平成25～28年度 | 平成29～30年度 | 令和元年度 | 令和2年度 | |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|--|--|--|---|
| ①各モデルルート等の精査 | 幹線骨格軸 | 西海岸ルート（恩納経由） 沖縄自動車道（那覇～許田間） | 西海岸ルート（恩納経由） 東海岸ルート（金武・宜野座経由） | 西海岸ルート（恩納経由） 大深度地下使用ルート | 西海岸ルート（恩納経由） | 西海岸ルート（恩納経由） |
| | 部分単線化 | うるま以北・豊見城以南 | うるま以北・豊見城以南 全線単線 | うるま以北・豊見城以南 必要な運行本数の確保が困難なため検討しない | うるま以北・豊見城以南 | うるま以北・豊見城以南 |
| | 小型システム施設の簡素化 最新技術の採用 | 鉄輪リニア 改札階削除 | スマートリニアメトロ | スマートリニアメトロ 高速AGT | スマートリニアメトロ 高速AGT HSST（磁気浮上方式） | スマートリニアメトロ 高速AGT HSST（磁気浮上方式） 小型鉄道（粘着駆動方式） |
| | 駅の見直し | | 駅数削減 | 駅数削減・更なる駅数削減 | 駅数削減 | 駅数削減・駅規模見直し |
| | 構造形式の変更 （地下から高架構造） | 58号（牧港付近） ※基地跡地活用 | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） | 名護付近・空港接続 330号（浦添～普天間） |
| | モデルルート部分変更 | | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） 旭橋～糸満（海岸ルート） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） 浦添西海岸（旭橋～普天間） | 58号（旭橋～普天間） 330号（新都心～普天間） |
| | 支線軸 （フィーダー路線） | 本部・与那原・八重瀬方面 | 本部・与那原・八重瀬・ 嘉手納・読谷・ 金武・宜野座方面 | 本部・与那原・八重瀬方面 | 本部（今帰仁）・与那原・ 八重瀬・嘉手納方面 | 本部（今帰仁）・与那原・ 八重瀬方面 |
| ②沖縄県特有の地域特性 | | 気象条件・地質条件等 | 気象条件・地質条件等 地盤液状化対策 | 気象条件・地質条件等 地盤液状化対策 津波対策・不発弾等対策 | 気象条件・地質条件等 地盤液状化対策 津波対策・不発弾等対策 地滑り・河川氾濫対策 | |
| ③最新技術の採用 | | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 都市NATM | SENS工法 シールド切り開き工法 転落防止対策等 自動運転・欧州等鉄軌道技術 都市NATM | |
| ④その他 | | | | PFIスキーム（BTO等） | PFIスキーム（BTO等） | |
| | 検討精度（図面縮尺1/25,000相当） | | | 検討精度（図面縮尺1/10,000の検討） | | |

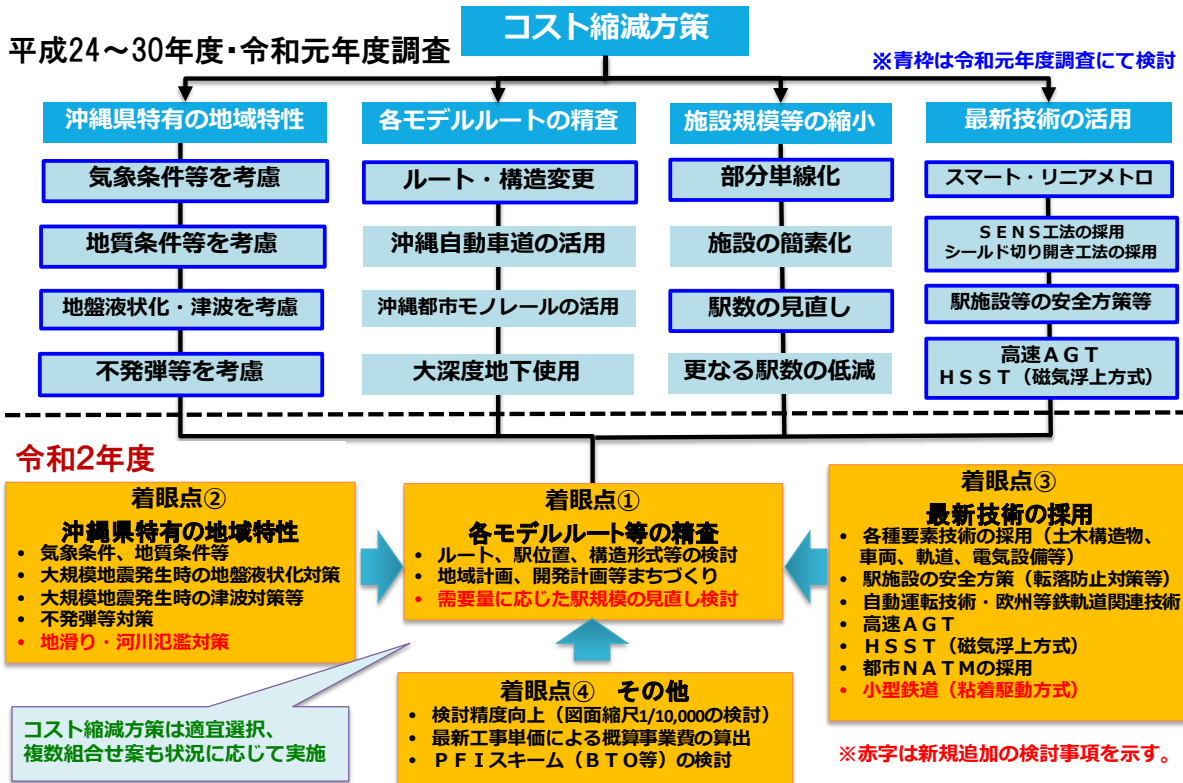


図 実施フロー

表 令和2年度調査の検討ケース

| 検討番号 | 交通システム | ケース概要 | ケース | 検討ルート | | | | |
|---------|-------------|---------------------------|-------|--------------------|-----|----------|----------------|-------|
| | | | | 区 間 | 経由地 | 那覇～普天間 | うるま～名護 | 単線・複線 |
| ① R2-01 | 鉄道 | 基本ケース | ケース 2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 330 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ② R2-01 | 鉄道 | オプションケース 駅施設規模精査 | ケース 2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 330 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ③ R2-01 | 鉄道 | オプションケース 許田地区・名護間代替ルート | ケース 2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 330 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ④ R2-03 | 粘着駆動方式小型鉄道 | コスト縮減方策複数組合せ | ケース 2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 330 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑤ R2-02 | スマート・リニアメトロ | コスト縮減方策複数組合せ | ケース 2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 330 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑥ A7-02 | 高速AGT | コスト縮減方策複数組合せ | ケース 7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 58 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑦ H7-02 | H S S T | コスト縮減方策複数組合せ | ケース 7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道 58 号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |

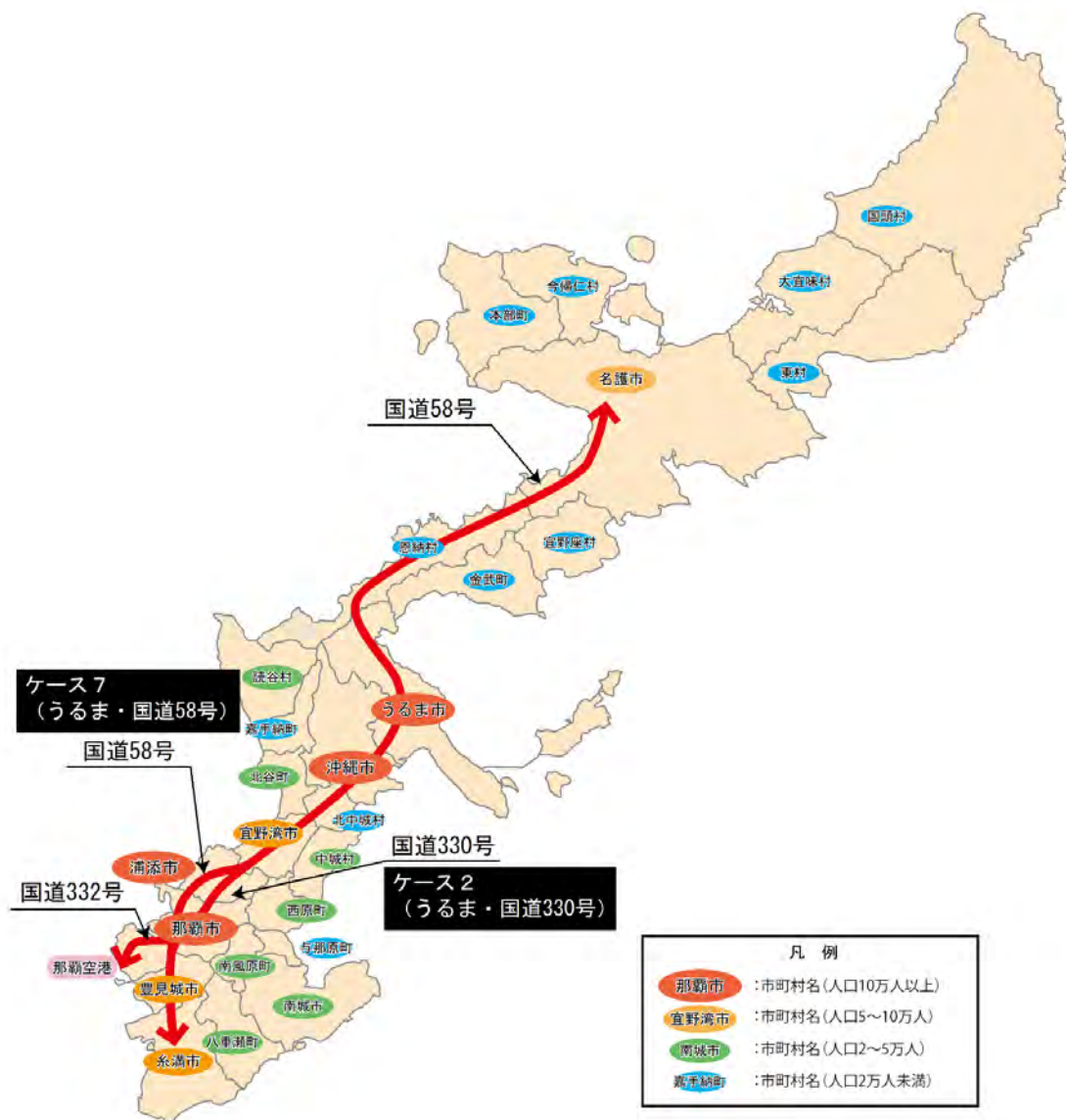


図 令和2年度調査のモデルルート概要

2.2.2 令和3年度調査の検討ケース

令和3年度調査では、最新技術の採用や沖縄特有の状況等を考慮した場合について、概算事業費の精査を行った。検討ケースを以下に示す。

表 令和3年度調査の検討ケース

| 検討番号 | 交通システム | ケース概要 | ケース | 検討ルート | | | | |
|-----------|-------------|------------------------|------|----------------------------|-----|--------|----------------|-------|
| | | | | 区 間 | 経由地 | 那覇～普天間 | うるま～名護 | 単線・複線 |
| ① R2-01 | 鉄道 | 基本ケース | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ② T7-01 | トラムトレイン | 基本ケース | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 全線複線 |
| ③ R2-02 | スマート・リニアメトロ | コスト縮減方策複数組合せ | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ④ R2-03 | 粘着駆動方式小型鉄道 | コスト縮減方策複数組合せ | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑤ T7-02 | トラムトレイン | コスト縮減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑥ A7-02 | 高速AGT | コスト縮減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑦ H7-02 | H S S T | コスト縮減方策複数組合せ | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 | うるま | 国道58号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |
| ⑧ R2-01+① | 鉄道 | 北部支線軸整備 (基本ケース+支線①) | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 +支線① | うるま | 国道330号 | 恩納 (西海岸ルート) | 部分単線 |



図 令和3年度調査のモデルルートの概要

2.3 最新技術の採用や沖縄特有の状況等を考慮した場合の概算事業費の精査

2.3.1 最新技術を採用した場合の概算事業費の精査

(1) 鉄軌道技術を構成する各種要素技術の把握整理

鉄軌道技術を構成する各種要素技術について、イニシャルコスト及びランニングコストの縮減、環境保全等の観点から把握整理を行った。なお、各種要素技術は最新技術だけでなく、現時点においても多用されている従来技術も含む。

本年度調査では、最新の国内外の信号保安システムの導入状況を踏まえ、コスト縮減や保守管理の低減等の可能性について検討を行った。

表 鉄軌道技術を構成する各種要素技術の動向把握

| 各種要素 | 区分 | 技術動向 | イニシャルコスト | ランニングコスト | 環境保全 |
|-------|-------------|--|----------|----------|------|
| 土木・建築 | 高架橋・橋りょう | ハイブリッド駅構造（土木・建築一体構造）、地中梁省略高架構造（地中梁を省力したラーメン高架橋）、背割式高架構造（高架橋の橋脚を背中合わせに配置したラーメン高架橋）、プレキャスト型枠工法（工場で製作された埋設型枠を使用した工法）、PCU桁式高架構造等 | ○ | ○ | ○ |
| | 盛土 | 気泡モルタル盛土工法、RRR工法（補強盛土工法）、HEP&JES工法（High Speed Element Pull & Jointed Element Structure）等 | ○ | ○ | ○ |
| | トンネル | SENS工法（シールド工法とNATM（山岳トンネル工法）の利点を併せ持つ工法）、シールド切り開き工法、矩形シールド工法、都市NATM工法等 | ○ | — | ○ |
| | 建築 | ZEB（Net Zero Energy Building）、膜屋根工法、吊り免振工法、杭柱アジャストジョイント工法、J-D A I A工法等 | ▲ | ○ | ○ |
| 軌道 | — | 弾性直結軌道（コンクリートスラブに弾性材（ゴムなど）を介して直結した軌道）、フローティングラダー軌道（レールと枕木を梯子状に配置した軌道）、CBM（状態基準保全）等 | ▲ | ○ | ○ |
| 電気・機械 | 電灯・電力 | インテグレート架線、回生電力蓄電装置（電車から制動中に戻される電力を蓄えるシステム）、回生インバータ装置（電車から制動中に戻される電力を交流電力に変換するシステム）、LED照明、太陽光発電装置、CBM（状態基準保全）等 | ▲ | ○ | ○ |
| | 信号保安・通信 | ATO（自動運転制御装置）、CBTC（無線式列車制御システム）、デジタル列車無線、CBM（状態基準保全）、5G、AI/IoT等 | ○ | ○ | ○ |
| | バリアフリー・安全対策 | ホームドア、可動式ホーム柵、回生電力活用エレベータ、人感センサー付エスカレータ、遠隔監視システム、AI/IoT等等 | ▲ | ○ | ○ |
| 車両 | — | スマート・リニアメトロ、高速AGT、HSST（磁気浮上方式）、粘着駆動方式小型鉄道、最新型高速鉄道（200km/h以上）、蓄電池電車、水素燃料電池電車、ハイブリッド電車（ディーゼル発電・電気モーター駆動）、CBM（状態基準保全）等 | ○ | ○ | ○ |

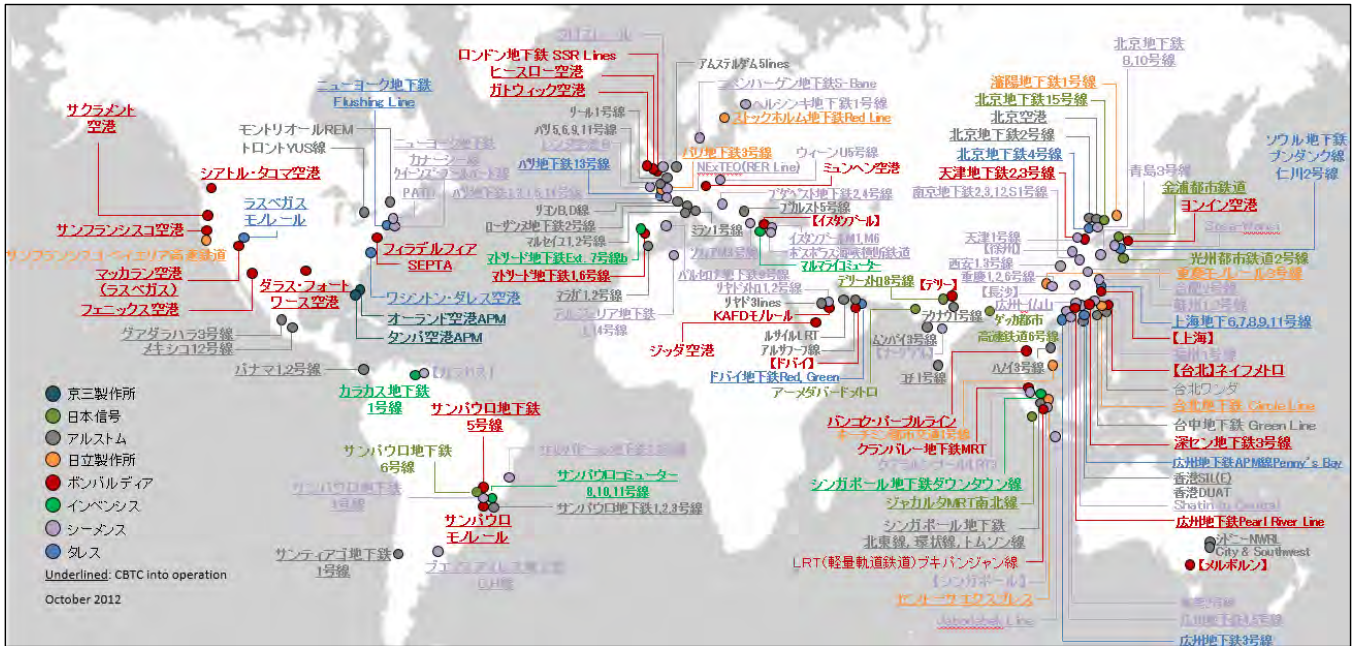
○：寄与するもの、▲：寄与しないもの、—：関連性がないもの

注）各種要素技術は現時点においても多用されている従来技術も含む。

(2) 信号保安システムの検討

1) CBTCの導入事例

CBTC (Communications Based Train Control : 無線式列車制御システム) は、世界では150を超える路線で導入(予定も含む)されており、本邦企業を含めて複数のメーカーが提供を行っている。現時点で、わが国においてCBTCが導入されている路線はないが、東京メトロ丸ノ内線や都営大江戸等で導入工事が進められている。



注) 各社メーカーHP及びメーカーヒアリング結果より作成

図 世界各国におけるCBTC導入路線

表 国内における無線式列車制御システムの導入の現況

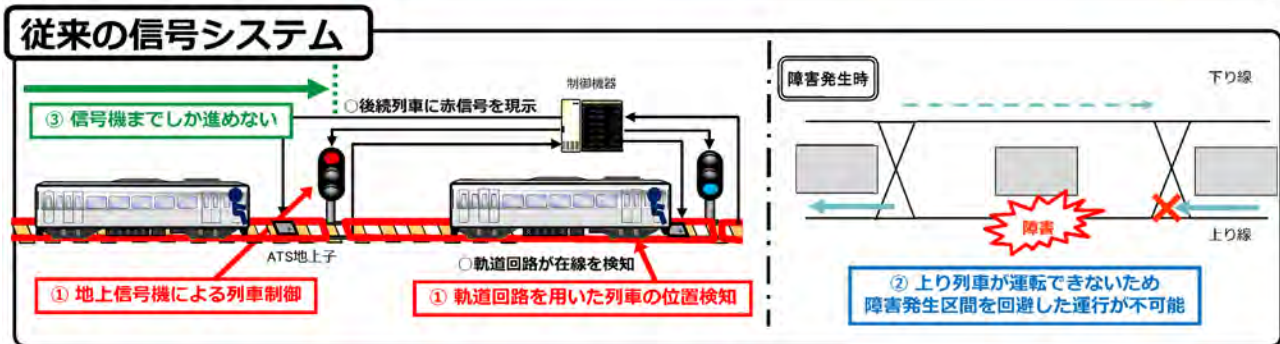
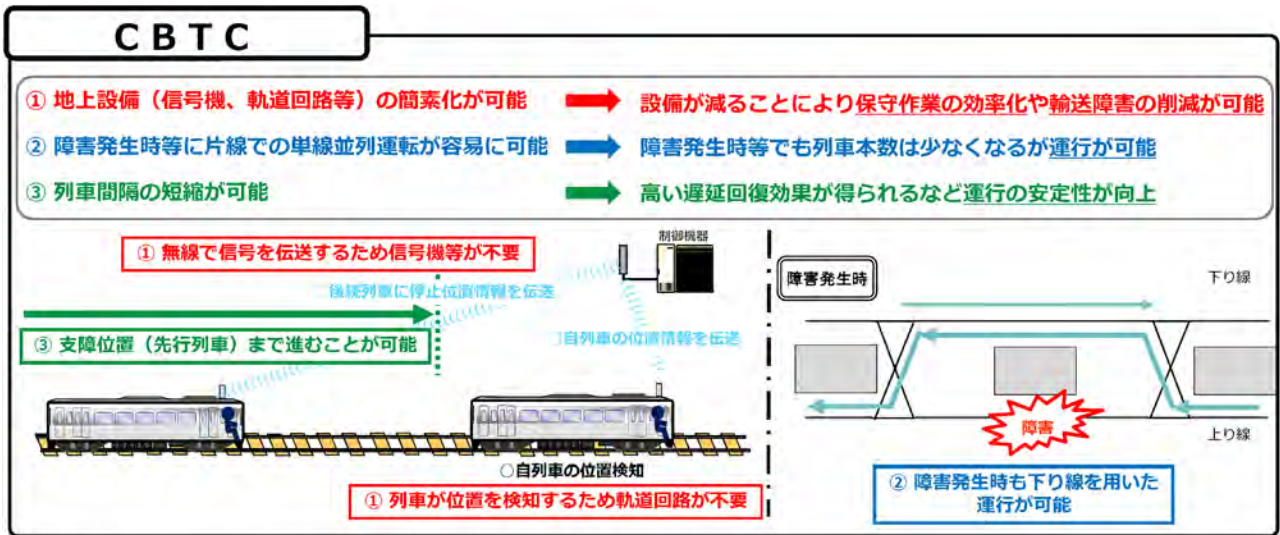
| 事業者名 | 路線名 | 区間 | 延長 | 導入システム | 導入時期 |
|--------|------|-----------|--------|--------|----------|
| JR東日本 | 仙石線 | あおば通・東塩釜間 | 17.2km | ATACS | 2011年10月 |
| | 埼京線 | 池袋・大宮間 | 23.5km | ATACS | 2017年11月 |
| 東京メトロ | 丸ノ内線 | 全線 | 27.4km | CBTC | 2023年度末 |
| | 日比谷線 | 全線 | 20.3km | CBTC | 2023年度末 |
| | 半蔵門線 | 全線 | 16.8km | CBTC | 2024年度末 |
| 東京都交通局 | 大江戸線 | 全線 | 40.7km | CBTC | 2024年内 |

※ATACS : Advanced Train Administration and Communications System

2) CBTCの導入効果

CBTCは無線式であるため信号機や信号ケーブル等の地上設備を大幅に簡素化できるため、イニシャルコストだけでなく、メンテナンスコストも、従来型と比較して低減できる。

また、移動閉塞式のため、列車の増発や遅延回復、単線並列運行など、運行の柔軟性や冗長性の確保などのメリットがある。



出典：都市鉄道向け無線式列車制御システム（CBTC）仕様共通化検討会とりまとめ（概要）国土交通省
 <<https://www.mlit.go.jp/common/001394019.pdf>>

図 CBTCの導入効果（その1）

| 現状の課題 | | 開発コンセプト | 導入による期待効果 |
|---------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|
| お客様へのサービス | 運行の安定性 | 無線による大容量通信 移動閉そく化 脱軌道回路 | 脱軌道回路による輸送障害の撲滅 |
| | 軌道回路等起因による輸送障害の発生 | | 追い込み時隔短縮による遅延回復能力強化 |
| | 既存信号システムによる遅延回復効果の限界 | | 柔軟な運行管理による輸送障害への対応力強化 |
| コスト削減 | 事故・故障発生時の運行支障 | | 車上ATC/ATP装置の共用化によるスリム化 |
| | 車上・地上装置の増大 | | 現場設備のスリム化 |
| | 車両ぎ装スペースの圧迫 | | 各種関連工事の低減 |
| | 重厚な現場設備 | | |
| | 支障処理の随時対応 | | |
| 安全性を確保 | | | |

出典：第4回鉄道分野における新技術の活用に関する懇談会（東京メトロ資料）国土交通省
 <<https://www.mlit.go.jp/common/001219255.pdf>>

図 CBTCの導入効果（その2）

3) CBTC導入による概算事業費の精査

全線専用空間を走行する交通システムを対象として、CBTCを導入した場合を想定して、概算事業費の精査を行った。なお、トラムトレインについては、那覇市や沖縄市等の都市内区間は路面空間（併用軌道）を走行するため、いわゆる閉塞信号やATS等の列車制御システムは付属していないことから検討対象外とした。

普通鉄道の概算事業費は、CBTC（移動閉塞式）を導入することによって、約8,700億円から約8,630億円となり、ATC（固定閉塞式）と比較して約70億円（約1%）縮減した。

スマート・リニアメトロについては、約6,760億円から約6,690億円となり、約70億円（約1%）縮減した。

粘着駆動方式小型鉄道については、約6,840億円から約6,770億円となり、約70億円（約1%）縮減した。

高速AGTについては、約6,680億円から約6,590億円となり、約90億円（約1%）縮減した。

HSS Tについては、約6,350億円から約6,270億円となり、約80億円（約1%）縮減した。

表 CBTC導入による概算事業費の精査

| 交通システム | 検討ケース | 検討区間 (複線・単線別) | ルート | | | 路線延長 駅数 | 信号保安システム | 概算事業費 (建設キロ当たり) |
|-----------------|-------|------------------------------|---------|-------|-------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
| | | | 中南部導入空間 | 中部経由地 | 北部経由地 | | | |
| 普通鉄道 | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (全線複線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | CBTC 移動閉塞式 (精査後) | 約8,630億円 【約-1%】 (約107億円/km) |
| | | | | | | | ATC 固定閉塞式 (精査前) | 約8,700億円 (約108億円/km) |
| スマート・ リニアメトロ | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | CBTC 移動閉塞式 (精査後) | 約6,690億円 【約-1%】 (約84億円/km) |
| | | | | | | | ATC 固定閉塞式 (精査前) | 約6,760億円 (約85億円/km) |
| 粘着駆動方式 小型鉄道 | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | CBTC 移動閉塞式 (精査後) | 約6,770億円 【約-1%】 (約85億円/km) |
| | | | | | | | ATC 固定閉塞式 (精査前) | 約6,840億円 (約86億円/km) |
| 高速AGT | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道58号 | うるま市 | 恩納村 | 80.22km 28駅 | CBTC 移動閉塞式 (精査後) | 約6,590億円 【約-1%】 (約82億円/km) |
| | | | | | | | ATC 固定閉塞式 (精査前) | 約6,680億円 (約83億円/km) |
| HSS T | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道58号 | うるま市 | 恩納村 | 80.19km 28駅 | CBTC 移動閉塞式 (精査後) | 約6,270億円 【約-1%】 (約77億円/km) |
| | | | | | | | ATC 固定閉塞式 (精査前) | 約6,350億円 (約78億円/km) |

注) 概算事業費は令和元年度価格、消費税及び建設利息を含まない金額である。

(3) 保守管理システムの導入事例の把握整理

CBM (Condition Based Maintenance : 状態基準保全) は、TBM (Time Based Maintenance : 期間基準保全) に代わり、線路設備や架線設備、信号設備、車両設備等で実施されつつあり、安全性向上やメンテナンスコストの低減等に寄与するものと考えられるため、保守管理システムの導入事例について把握整理を行った。

表 保守管理システムの導入事例の把握整理

| 事業者 | 事例 |
|------------|--|
| A社 | <p>営業列車の床下に線路設備モニタリング装置を搭載</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 軌道変位モニタリング装置と軌道材料モニタリング装置で構成されており、前者ではレールにレーザーを照射し線路のゆがみを測定する。後者ではレール提携結装置や継目板ボルトの状態等を撮影し不具合を自動で判別する。 ・ タイムリーな補修作業が可能となり、乗り心地向上や効果的なメンテナンスが期待される。 |
| A社 | <p>線路設備モニタリングデータへのAI活用の研究を開始</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 線路状態の将来予測を研究であり、メンテナンスレベルの向上に寄与する。 ・ 異常有無判別のための画像判定機能の支援を研究であり、画像認識者の目視による確認作業の負担軽減を目指している。 ・ 線路修繕計画の提案を研究であり、効率的に最適な修繕計画の立案が可能となる。 |
| A社 | <p>ICT等の先端技術を活用したスマートメンテナンス導入によるCBMの実現を図る</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検測車に搭載したカメラでの架線設備の撮影画像にAIを活用させた架線設備モニタリングシステムを導入。電線や架線金具の良否を自動判定する。検査の一部省力化と品質向上を図る。 ・ き電線メンテナンスへ活用する無線式センサを導入。接続部の温度を自動測定する無線式センサを導入することにより、作業の安全性・効率性向上と品質向上を図る。 ・ 信号設備にIoTセンサを設置することによる信号設備モニタリングシステムを導入。リモート検査の実施や設備データの遠隔での確認が可能となる。故障を予測するための技術開発も視野に入れている。 ・ 電気転てつ機モニタ装置の導入であり、電気転てつ機に転換データを蓄積する機能を付加し、AI解析を行い故障の予測とアラームを出力する。故障の未然防止を図る。 |
| A社 | <p>新型車両に車両モニタリング装置を搭載</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ドア装置、空調、主回路機器など計17機種について、電流値、温度等の物理量を走行中に常時モニタリングし、リアルタイムでメンテナンス職場に情報伝送する。 ・ 異常の把握やメンテナンスの計画、意思決定に活用する。 |
| B社 | <p>CBMに向けた技術開発を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ センシング技術やIoTなどを活用して設備状態監視の充実を図ると共に設備状態データにAI・ビッグデータ分析技術などを適用して更なる安全・安定性向上、コスト削減及び保全業務の生産性向上を目指す。 ・ 営業車両の各種装置（ブレーキ、制御装置等）に対する状態監視・分析技術の開発。 ・ 軌道・電車線・信号等の各種地上設備に対する営業車両等を用いた状態監視・分析技術の開発。 ・ その他設備全般に対する状態監視・分析技術の開発。 |
| C社 | <p>IoTやビッグデータ等のデジタル技術を活用し、車両の状態をリアルタイムに可視化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 車両情報収集システムを導入。走行中の車両から各種データ（ブレーキ、速度、混雑状況等）を無線通信により送信することで、指令所や車両基地等の離れた場所でもリアルタイムに車両状態を確認することが可能となる。 ・ データを蓄積・分析することで、異常の早期発見や部品交換周期の最適化など、より効果的な予防保全を目指す。 |
| D社 | <p>検知線に光ファイバを使用した「新型警報トロリ線摩耗検知システム」を新幹線に導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ トロリ線の内部に埋め込む検知線に従来の金属線に代えて光ファイバを使用することで、トロリ線の摩耗進行をリアルタイムで常時監視する。 ・ 摩耗が進行すると指令所にて即時に警報を取得する。 ・ トロリ線の摩耗が進行している地点を即時かつ高精度に知得することが可能となり、設備の安全性及び保守作業の効率性が更に向上する。 |
| E社 (海外) | <p>走行中の車両からセンサーを通じて線路状態をスキャンし、欠陥を発見した際にはその情報を後続列車に伝送するシステムを開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ GPSにより正確に欠陥箇所の位置情報を把握する。 ・ 安全な運行と省メンテナンス化及び地上設備の省略を実現する。 |

(4) 最近の鉄軌道車両の新製費用の状況を考慮した車両費の精査

1) 最近の鉄軌道車両の新製費用の状況

最近の鉄軌道車両の1両当たりの新製費用は、普通鉄道においては約1.5億円～約2.5億円(消費税込み、以下同様)となっており、車両の仕様や新製時期、調達ロット数などの理由で大きく開きが生じている。

スマート・リニアメトロは要開発の交通システムであるが、既存の鉄輪式リニアモーターカーの導入事例では1両当たり約3.3億円とかなり割高となっている。

高速AGTについては開発済の交通システムであるが、導入事例がないため、既存のAGTの導入事例では1両当たり約1.6億円となっている。

トラムトレインにおいては、直近の導入事例では1編成当たり4.4億円となっている。

表 最近の鉄軌道車両の新製費用

| 交通システム | 事業者 | 新製車両数 | 新製費用 | 車両単価 | 備考 |
|--------------|-----|-----------------------------|---------|--------|---|
| 普通鉄道 | A社 | 88両 (4両・22編成) | 約193億円 | 約2.2億円 | 直流車両 最高速度85km/h 2024年度から導入 |
| | B社 | 30両 (6両5編成) | 約75.8億円 | 約2.5億円 | 交流・直流車両 最高速度130km/h 2019年度導入 |
| | C社 | 72両 (8両9編成) | 約145億円 | 約2.0億円 | 直流車両 最高速度110km/h 2022年度から導入 |
| | D社 | 30両 (6両5編成) | 約69億円 | 約2.3億円 | 第三軌条・直流車両 最高速度90km/h 2022年度導入 |
| | E社 | 352両 (8両23編成・ 4両42編成) | 約720億円 | 約2.0億円 | 直流車両 最高速度130km/h 2021年度から導入 |
| | F社 | 54両 (6両9編成) | 約110億円 | 約2.0億円 | 直流車両 最高速度105km/h 2021年度から導入 |
| | G社 | 110両 (10両・11編成) | 約170億円 | 約1.5億円 | 第三軌条・直流車両 運転最高速度70km/h 2018年度から導入 |
| | G社 | 138両 (6両・23編成) | 約300億円 | 約2.2億円 | 第三軌条・直流車両 最高速度95km/h 大阪・関西万博までに導入 |
| | H社 | 108両 (6両・18編成) | 約198億円 | 約1.8億円 | 直流車両 最高速度110km/h 2024年度から導入 |
| 鉄輪式リニアモーターカー | C社 | 88両 (8両11編成) | 約161億円 | 約1.8億円 | 直流車両 最高速度70km/h 2018年度から導入 |
| | H社 | 16両 (4両4編成) | 約53億円 | 約3.3億円 | 直流車両 最高速度70km/h 2021年度から導入 |
| AGT | C社 | 60両 (5両12編成) | 約94億円 | 約1.6億円 | 案内軌条・交流車両 最高速度60km/h 2022年度から導入 |
| トラムトレイン | I社 | 1編成 (5車体連接車) | 約4.4億円 | 約4.4億円 | 直流車両 最高速度80km/ 2021年度導入 |

注) 新製費用、車両単価については消費税(8%または10%)を含んだ価格である。

2) 最近の鉄軌道車両の新製費用の状況を考慮した車両費の精査

普通鉄道については、E社に近い仕様であることから約2.0億円（消費税込み）を目安とし、調達ロット数（72両）を勘案して、2.0億円（消費税抜き、以下同様）と設定した。

スマート・リニアメトロについては、H社の導入事例を踏まえて、1両当たり3.0億円と設定した。

高速AGTについては、メーカーヒアリングを実施し、1両当たり2.3億円と設定した。

粘着駆動方式小型鉄道及びHSSTについては、最近において類似の車両が新製されていないため、令和2年度調査において設定した単価で据え置くものとした。

トラムトレインについては、I社の直近の導入事例を参考に、1編成当たり4.0億円と設定した。

表 車両費の精査

| 交通システム | 導入車両数 | 車両単価 (上段：精査後) (下段：精査前) | 車両費 (上段：精査後) (下段：精査前) |
|-------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| 普通鉄道 | 72両（4両18編成） | 約2.0億円/両 | 約144億円 |
| | | 約1.5億円/両 | 約109億円 |
| スマート・リニアメトロ | 80両（4両20編成） | 約3.0億円/両 | 約240億円 |
| | | 約1.7億円/両 | 約138億円 |
| 粘着駆動方式小型鉄道 | 80両（4両20編成） | 約4.5億円/両 | 約360億円 |
| | | 約4.5億円/両 | 約360億円 |
| 高速AGT | 80両（4両20編成） | 約2.3億円/両 | 約184億円 |
| | | 約1.4億円/両 | 約113億円 |
| HSST | 80両（4両20編成） | 約2.7億円/両 | 約218億円 |
| | | 約2.7億円/両 | 約218億円 |
| トラムトレイン | 26編成 | 約4.0億円/編成 | 約104億円 |
| | | 約3.2億円/編成 | 約84億円 |

注) 車両費（精査後）は令和3年度価格、消費税及び建設利息を含まない金額である。

2.3.2 沖縄特有の状況等を考慮した場合の概算事業費の精査

過年度調査において、沖縄県特有の気象条件（台風や塩害等）や地質条件（琉球石灰岩質等）、地形条件（起伏に富んだ地形等）に加えて、大規模地震発生時の地盤液状化や津波による浸水被害、戦時中の投下された不発弾等対策、豪雨等による地滑りや河川氾濫等の対策について検討を行ってきた。

本年度調査では、上述した沖縄特有の状況やその対策等について再整理を行うとともに、最近の建設工事費デフレーターや土地価格の変動率等も踏まえて、概算事業費の精査を行った。

(1) 沖縄特有の状況やその対策等について再整理

沖縄本島地域においては、四方を海に囲まれており、津波や高潮などの災害が懸念されるとともに、亜熱帯地域であることから毎年多くの台風が接近しており、暴風雨や塩害等の対策が必要である。また、第二次世界大戦で多くの爆弾等が投下されており、現在においても本島全域に不発弾等が残されている。

各種災害対策等については、平成 27 年度調査から検討を実施しており、ルート検討において、以下のとおり災害対策を講ずるものとした。

表 ルート検討における災害対策等

| 検討実施年度 | 災害発生要因・ハザードマップ等 | ルート検討における災害対策等 |
|----------|------------------------|---|
| 平成 27 年度 | 台風等（暴風雨・塩害等） | ● 台風等による暴風雨時には列車の運行を停止することになるが、風速 20m/s 以下の強風時対策として防風柵を設置する。また、鉄筋コンクリート構造物や鋼構造物、電車線等には、塩害による腐食防止対策を講じる。 |
| 平成 29 年度 | 大規模地震時の地盤液状化 | ● 可能な限り当該地域の通過や駅設置を回避する。やむを得ず通過する場合は、構造形式ごとに液状化対策を講じる。 |
| 平成 30 年度 | 津波浸水想定区域 | ● 可能な限り当該地域の通過や駅設置を回避する。やむを得ず通過する場合は、高架構造等を採用する。大規模地震が発生した場合、付近に高台や避難ビル等がなければ、高架駅のプラットフォームを避難先とすることも考えられる。 |
| 令和元年度 | 戦時中に投下された不発弾等 | ● 残存する不発弾等を完全に回避することは難しいため、不発弾等が既に処理されている幹線道路の地下や上空を導入空間とする。また、未開発の地域では可能な限り開削工法の採用を避けるものとするが、磁気探査を実施することにより工事の安全を確保する。 |
| 令和 2 年度 | 洪水浸水想定区域 | ● 可能な限り当該地域の通過や駅設置を回避する。やむを得ず通過する場合は、高架構造やトンネル構造等を採用する。また、駅出入口等には止水板や嵩上げ等の対策を講じる。 |
| | 土砂災害警戒区域 土砂災害特別警戒区域 | ● 可能な限り当該地域の通過や駅設置を回避する。やむを得ず通過する場合は線路付近やトンネル坑口の法面の補強工事等を実施する。 |

(2) 最近の物価等を踏まえた概算事業費の精査

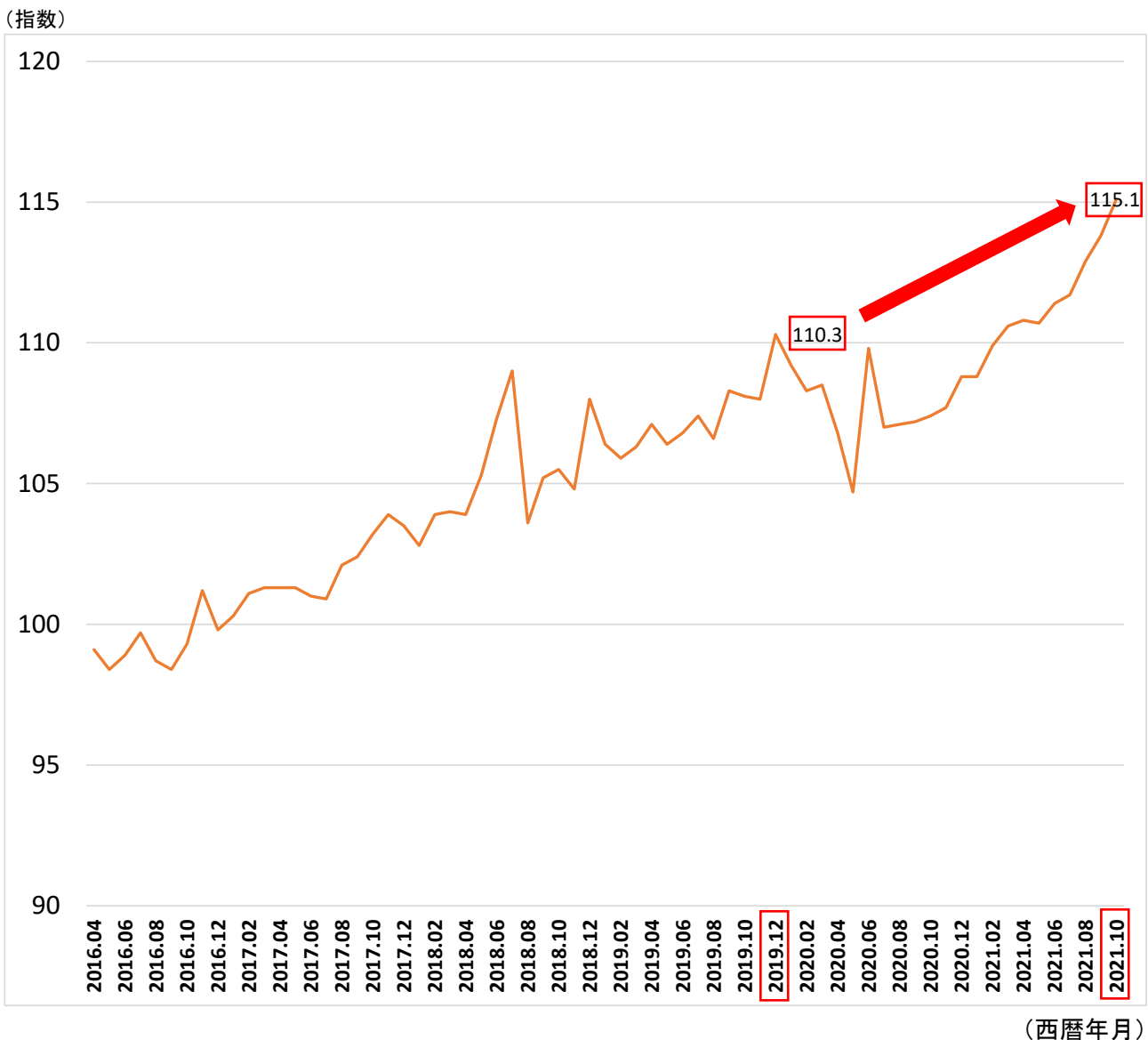
最近の建設工事費デフレーターや土地価格の変動率に加えて、C B T Cの導入、車両新製費用等も踏まえて、概算事業費の精査を行った。

1) 建設工事費デフレーターを考慮した概算工事費の精査

概算工事費については、令和元年度調査において精査を実施しており、その際、建設工事費デフレーター（鉄道軌道）の2019年12月時点の指数を採用した。

本年度調査においては、2022年1月時点で公表されている2021年10月時点の指数をもとに精査を行うものとした。

鉄軌道関連の建設工事費は、2019年12月から2021年10月の1年10月で、約4.4%（ $115.1 / 110.3 \approx 1.044$ ）上昇しており、この上昇率により概算工事費の補正を行うものとした。



出典：建設工事費デフレーター（2015年度基準）国土交通省
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei_jouhouka_tk4_000112.html>

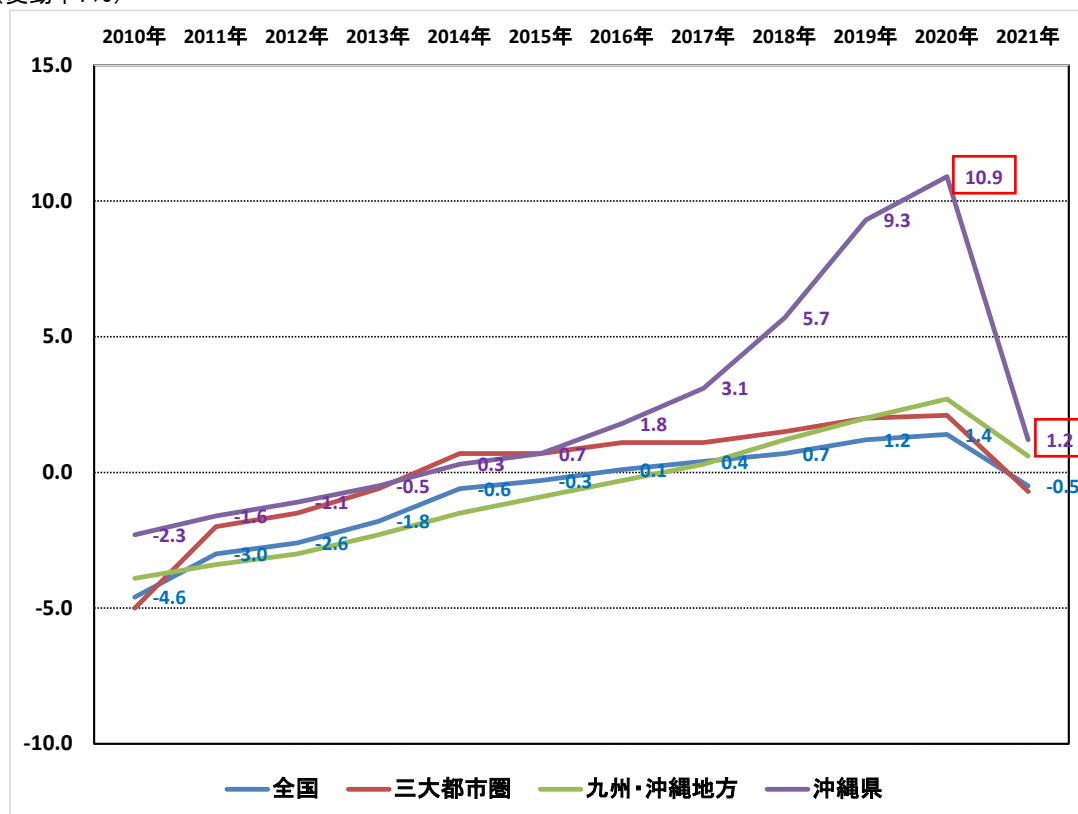
図 建設工事費デフレーター（鉄軌道）

2) 最近の土地価格の状況を考慮した用地費の精査

沖縄県の地価公示価格は、2014年から上昇に転じており、2019年は前年比約9.3%、2020年は約10.9%上昇した。2021年は新型コロナウイルス感染拡大に伴う社会経済の低迷から約1.2%の上昇に留まった。

現在の用地費は令和元年度価格であるため、令和3年度価格として1.122(1.109×1.012)倍乗ずるもの(12.2%増)とする。ただし、うるま市以北の山林部については上昇率0.0%とする。

(変動率:%)



出典：国土交通省地価公示・都道府県地価調査

<<https://www.land.mlit.go.jp/webland/>>

図 沖縄県の地価公示価格の変動率の推移(全用途)

(3) 概算事業費の精査

最近の建設工事費デフレーターや土地価格の変動率を加味するとともに、C B T Cの導入、車両新製費用等も踏まえて、概算事業費の精査を行った。

その結果、概算事業費（令和3年度価格）は、令和2年度調査（令和元年度価格）に比べて3～5%程度上昇した。

表 最近の物価等を踏まえた概算事業費の精査

| 交通システム | 検討ケース | 検討区間 (複線・単線別) | ルート | | | 路線延長 駅数 | 概算事業費 (建設キロ当たり) 上段：令和3年度調査 [令和3年度価格] 下段：令和2年度調査 [令和元年度価格] |
|-----------------|-------|--|---------|-------|-------|----------------|--|
| | | | 中南部導入空間 | 中部経由地 | 北部経由地 | | |
| 普通鉄道 | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (全線複線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | 約9,090億円 【+390億円(+4%)】 (約113億円/km) |
| | | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (全線複線) +支線①(単線) | | | | 99.94km 30駅 | 約10,250億円 【+430億円(+4%)】 (約102億円/km) |
| スマート・ リニアメトロ | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | 約7,130億円 【+370億円(+5%)】 (約89億円/km) |
| | | | | | | | 約6,760億円 (約85億円/km) |
| 粘着駆動方式 小型鉄道 | ケース2 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道330号 | うるま市 | 恩納村 | 79.48km 26駅 | 約7,080億円 【+240億円(+4%)】 (約89億円/km) |
| | | | | | | | 約6,840億円 (約86億円/km) |
| 高速AGT | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道58号 | うるま市 | 恩納村 | 80.22km 28駅 | 約6,980億円 【+300億円(+4%)】 (約86億円/km) |
| | | | | | | | 約6,680億円 (約83億円/km) |
| HSST | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | 国道58号 | うるま市 | 恩納村 | 80.19km 28駅 | 約6,560億円 【+210億円(+3%)】 (約81億円/km) |
| | | | | | | | 約6,350億円 (約78億円/km) |
| トラムトレイン | ケース7 | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (全線複線) | 国道58号 | うるま市 | 恩納村 | 80.22km 42駅 | 約4,850億円 【+230億円(+5%)】 (約60億円/km) |
| | | 糸満市役所～名護 +空港接続線 (部分単線) | | | | 80.22km 42駅 | 約3,400億円 【+170億円(+5%)】 (約42億円/km) |
| | | | | | | | 約3,230億円 (約40億円/km) |

注) 概算事業費は上段は令和3年度価格、下段は令和元年度価格、消費税及び建設利息を含まない金額である。