

2. コスト縮減方策の検討

平成 24 年度調査では、平成 23 年度調査で実施したモデルケースを対象に、コスト縮減方策として、①部分単線化、②小型システムの採用、③施設の簡素化、④沖縄自動車道の活用、⑤構造変更・基地跡地活用の検討を行った。

いずれのコスト縮減方策においても一定のコスト縮減効果はあったものの、損益収支については、大幅な改善にはつながらず、費用便益比（B/C）についても、平成 23 年度調査と比べて、0.02～0.06 程度の改善効果が見られたものの、大きな改善にはつながらなかった。

平成 25 年度は、コスト縮減方策の深度化として、①最新技術の採用、②単線区間の拡大、③全線単線化、④駅数の見直し、⑤小型システムの採用、⑥地下区間から地上区間への構造変更を検討した。

各コスト縮減方策を実施した場合の概算事業費を試算するとともに、需要予測、損益収支、費用便益比（B/C）を検討した。

2. 1 過年度調査の概要

2. 1. 1 平成 22 年度調査の概要

平成 22 年度調査では、沖縄県の新たな公共交通システム導入の可能性検討として、需要予測モデルの構築に主眼を置き、モデルルートでの将来需要の予測を行っており、概算事業費の算出は行っていない。

2. 1. 2 平成 23 年度調査の概要

平成 23 年度調査では、平成 22 年度のモデルルートを基本に、ルートとシステムの組み合わせによるモデルケースを設定し、新たな公共交通システムの需要予測・事業費・事業採算性等のシミュレーションを行った。

(1) 検討結果

1) モデルケースの設定

- ① 糸満～名護を基本とし、うるま経由、読谷経由の 2 ルートを想定した。
- ② うるま経由はさらに県道 251 号ルート、国道 330 号ルート、支線設定、空港接続設定の 4 パターンとし、計 5 つのモデルケースを設定した。
- ③ 交通システムについては、鉄道またはトラムトレイン（支線の一部は L R T）を想定した。

2) 概算事業費

- ① 地形条件等を踏まえて路線計画・運行計画を設定し、ケース毎に概算事業費を算出した。路線計画にあたっては、沖縄県特有の地形条件（低地部と丘陵部が錯綜）を踏まえるとともに、道路交通への影響等の観点から、都心部の鉄道については地下構造を基本とした。
- ② 概算事業費は、鉄道で 7,300～10,600 億円（キロ当たり 100 億円程度）、トラムトレインで 4,900～7,200 億円（キロ当たり 70 億円程度）となった。

3) 事業採算性

第三セクターによる上下一体方式を想定し、既存の整備・運営スキームを前提に損益収支のシミュレーションを実施した。

- ① 鉄道では毎年約 150 億円前後の赤字で、開業 40 年後の累積赤字額が 6,000 億円以上となった。
- ② トラムトレインでは毎年約 80 億円前後の赤字で、開業 40 年後の累積赤字額が 2,900 億円以上となった。
- ③ 鉄道、トラムトレインいずれも全ケースで損益収支は発散傾向である。また、投資額が大きいケースで収益性が低くなった。

表 整備・運営スキームの設定

区分	交通システム	整備・運営スキーム	記 事
鉄道系	鉄道	<ul style="list-style-type: none"> ・都市鉄道等利便増進事業（車両を除く事業費について、国・地方で 2/3 補助） ・社会資本整備事業特別会計空港整備勘定（那覇空港敷地内について、国で 10/10） 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下高速鉄道整備事業は、高架区間の適用は困難であるため、都市鉄道等利便増進事業を基本（想定）スキームとする。
	トラムトレイン（専用区間）		
路面系	トラムトレイン（併用区間）	<ul style="list-style-type: none"> ・社会資本整備総合交付金（走行路面・ホームについて、国・地方で 10/10） ・地域公共交通確保維持改善事業（車両その他について、国・地方で 2/3 補助） 	<ul style="list-style-type: none"> ・L R T 等の整備制度を前提としているため、左記を基本（想定）スキームとする。
	L R T		

表 前提条件と損益収支（鉄道）

ケース	ルート	概算事業費	国負担	地方負担	会社負担	輸送人員	累積損益 (開業 40 年後)	B/C
ケース1	うるま・パイプ	8,500 億円	2,500 億円	2,500 億円	3,500 億円	9.6 万人/日	▲6,500 億円	0.39
ケース2	うるま・国道 330 号	8,700 億円	2,600 億円	2,600 億円	3,600 億円	9.3 万人/日	▲6,700 億円	0.37
ケース3	読谷・パイプ	7,300 億円	2,100 億円	2,100 億円	3,000 億円	8.3 万人/日	▲6,000 億円	0.40
ケース4	うるま・パイプ+支線①②③	10,600 億円	3,400 億円	3,000 億円	4,100 億円	12.6 万人/日	▲7,200 億円	0.40
ケース5	うるま・パイプ+空港接続	9,100 億円	2,900 億円	2,600 億円	3,600 億円	9.8 万人/日	▲7,100 億円	0.38

注) 概算事業費：消費税及び建設利息は含まない。端数処理の関係で負担額の合計が合わない場合がある。

表 前提条件と損益収支（トラムトレイン）

ケース	ルート	概算事業費	国負担	地方負担	会社負担	輸送人員	累積損益 (開業 40 年後)	B/C
ケース1	うるま・パイプ	5,500 億円	1,700 億円	1,600 億円	2,200 億円	8.8 万人/日	▲2,900 億円	0.53
ケース2	うるま・国道 330 号	5,500 億円	1,700 億円	1,600 億円	2,200 億円	8.7 万人/日	▲2,900 億円	0.52
ケース3	読谷・パイプ	4,900 億円	1,500 億円	1,400 億円	2,000 億円	7.6 万人/日	▲3,000 億円	0.55
ケース4	うるま・パイプ+支線①②③	7,200 億円	2,600 億円	2,000 億円	2,700 億円	11.4 万人/日	▲4,000 億円	0.46
ケース5	うるま・パイプ+空港接続	5,900 億円	2,000 億円	1,600 億円	2,300 億円	9.1 万人/日	▲3,300 億円	0.53

注) 概算事業費：消費税及び建設利息は含まない。端数処理の関係で負担額の合計が合わない場合がある。

(2) 平成 23 年度調査の課題

事業費削減の観点から、検討ルート・システム等の精査、地下・高架・地平各方式の精査、施設の簡素化等の検討が必要である。

2. 1. 3 平成 24 年度調査の概要

平成 24 年度調査では、コスト縮減方策として、部分単線化、小型システムの採用、施設の簡素化、沖縄自動車道の活用、構造変更・基地跡地活用等を検討した。

(1) 検討結果

1) 部分単線化

部分単線化については、平成 23 年度調査と比べて、鉄道は約 11～15%、トラムトレインは約 15～17%のコスト縮減効果があるが、単線区間でのサービス水準の低下等の課題がある。今後は、サービス水準とのトレードオフを見極めつつ、単線区間の延長の可能性について検討することが必要である。

2) 小型システムの採用

鉄道については、小型・急こう配対応システムである鉄輪リニアを採用することで、平成 23 年度調査の普通鉄道と比べて約 14%のコスト縮減効果があったが、現行の実用化レベルでは輸送力の低下や所要時間の増加等の課題がある。今後は、技術進化の動向等も見つつ、引き続きコスト縮減方策として検討する必要がある。

3) 施設の簡素化

施設の簡素化については、平成 23 年度調査と比べて、トラムトレインでは約 9%のコスト縮減効果があるが、防災設備等の設置空間の確保や開削工事増大に伴う道路交通や周辺環境への影響等の課題がある。トラムトレイン駅の規模（特にホーム長）が小さいため、土木工事費の縮減にはつながりにくいですが、設備関連の簡素化は一定程度の縮減効果がある。

4) 沖縄自動車道の活用

沖縄自動車道の路面空間を活用することによって、鉄道、トラムトレインの場合、ともに 3 割弱のコスト縮減が可能であるが、一方で、大幅な需要減やそれに伴う事業収支の悪化、車線減少による自動車交通の影響等の課題があることから、沖縄自動車道の全線に鉄軌道を導入する案は極めて困難であり、今後は、鉄軌道駅と沖縄自動車道との結節等について検討する必要がある。

5) 構造変更・基地跡地活用

鉄道については、国道 58 号に高架構造で導入、米軍基地跡地内に地平で導入することにより、平成 23 年度調査と比べて約 9%のコスト縮減効果があるが、米軍基地跡地への地平構造での導入には、まちづくりや道路交差等の観点から課題がある。今後は、トラムトレインも含めて、引き続き検討を行う必要がある。

6) コスト縮減策を踏まえた事業採算性・費用便益比 (B/C)

上記 1)～5) のコスト縮減方策を実施した場合、損益収支については、コスト縮減方策（単体）では、いずれのケースにおいても大幅な改善にはつながらず、費用便益比 (B/C) についても、平成 23 年度調査に比べて、0.02～0.06 程度の改善効果が見られたものの、大きな改善にはつながらなかった。

表 事業性の検討結果（鉄道）

ケース	ルート	コスト縮減方策	概算事業費	需要予測値 (平成 42 年度)	累積損益収支 (開業 40 年後)	B/C (50 年間)
ケース 1R-1 (ケース 1R)	うるま・パイプ	部分単線化 (全線複線)	7,500 億円 (8,500 億円)	8.8 万人/日 (9.6 万人/日)	▲5,100 億円 (▲6,500 億円)	0.44 (0.39)
ケース 1R-2 (ケース 1R)	うるま・パイプ	鉄輪リニア (在来鉄道)	7,300 億円 (8,500 億円)	9.4 万人/日 (9.6 万人/日)	▲5,700 億円 (▲6,500 億円)	0.43 (0.39)
ケース 2R-1 (ケース 2R)	うるま・国道 330 号	部分単線化 (全線複線)	7,700 億円 (8,700 億円)	8.5 万人/日 (9.3 万人/日)	▲5,300 億円 (▲6,700 億円)	0.42 (0.37)
ケース 3R-1 (ケース 3R)	読谷・パイプ	部分単線化 (全線複線)	6,200 億円 (7,300 億円)	7.3 万人/日 (8.3 万人/日)	▲4,600 億円 (▲6,000 億円)	0.45 (0.40)
ケース 4R-1 (ケース 4R)	うるま・パイプ +支線①②③	部分単線化 (全線複線)	9,200 億円 (10,600 億円)	11.5 万人/日 (12.6 万人/日)	▲5,100 億円 (▲7,200 億円)	0.44 (0.40)
ケース 5R-1 (ケース 5R)	うるま・パイプ +空港接続	部分単線化 (全線複線)	8,000 億円 (9,100 億円)	9.0 万人/日 (9.8 万人/日)	▲5,500 億円 (▲7,100 億円)	0.43 (0.38)
ケース 6R (ケース 1R)	沖縄自動車道 (うるま・パイプ)	沖縄自動車道活用 (基本ケース)	6,100 億円 (8,500 億円)	5.4 万人/日 (9.6 万人/日)	▲6,800 億円 (▲6,500 億円)	0.25 (0.39)
ケース 7R (ケース 1R)	うるま・国道 58 号 (うるま・パイプ)	構造変更 (基本ケース)	7,700 億円 (8,500 億円)	8.6 万人/日 (9.6 万人/日)	▲6,400 億円 (▲6,500 億円)	0.38 (0.39)

注) () 内は比較対象ケース（平成 23 年度調査検討ケース）を示す。

表 事業性の検討結果（トラムトレイン）

ケース	ルート	コスト縮減方策	概算事業費	需要予測値 (平成 42 年度)	累積損益収支 (開業 40 年後)	B/C (50 年間)
ケース 1T-1 (ケース 1T)	うるま・パイプ	部分単線化 (全線複線)	4,600 億円 (5,500 億円)	8.0 万人/日 (8.8 万人/日)	▲2,200 億円 (▲2,900 億円)	0.59 (0.53)
ケース 1T-2 (ケース 1T)	うるま・パイプ	施設簡素化 (基本ケース)	5,000 億円 (5,500 億円)	8.8 万人/日 (8.8 万人/日)	▲2,600 億円 (▲2,900 億円)	0.57 (0.53)
ケース 2T-1 (ケース 2T)	うるま・国道 330 号	部分単線化 (全線複線)	4,700 億円 (5,500 億円)	7.8 万人/日 (8.7 万人/日)	▲2,100 億円 (▲2,900 億円)	0.58 (0.52)
ケース 3T-1 (ケース 3T)	読谷・パイプ	部分単線化 (全線複線)	4,100 億円 (4,900 億円)	6.5 万人/日 (7.6 万人/日)	▲2,300 億円 (▲3,000 億円)	0.60 (0.55)
ケース 4T-1 (ケース 4T)	うるま・パイプ +支線①②③	部分単線化 (全線複線)	6,100 億円 (7,200 億円)	10.2 万人/日 (11.4 万人/日)	▲3,000 億円 (▲4,000 億円)	0.48 (0.46)
ケース 5T-1 (ケース 5T)	うるま・パイプ +空港接続	部分単線化 (全線複線)	4,900 億円 (5,900 億円)	8.1 万人/日 (9.1 万人/日)	▲2,400 億円 (▲3,300 億円)	0.56 (0.53)
ケース 6T (ケース 1T)	沖縄自動車道 (うるま・パイプ)	沖縄自動車道活用 (基本ケース)	4,100 億円 (5,500 億円)	5.1 万人/日 (8.8 万人/日)	▲3,800 億円 (▲2,900 億円)	0.46 (0.53)

注) () 内は比較対象ケース（平成 23 年度調査検討ケース）を示す。

(2) 平成 24 年度調査の課題

1) 抜本的なコスト縮減方策の検討

抜本的なコスト縮減の観点から、地下やトンネル区間をできる限り減らし、路面活用や高架空間への導入可能性等も含め、様々な組み合わせによるコスト縮減方策等について検討を行う必要がある。また、コスト縮減等の観点から、駅のあり方（数、場所等）についても検討を行う必要がある。

2) モデルルートの一部区間等に関する様々な検討

幅広い公共交通の選択肢等を検討するために、利用者ニーズや事業採算性等を考慮し、これまでの調査におけるモデルルートの一部区間をはじめとするルート案に関し、需要予測や概算事業費を分析する必要がある。

3) 最新の技術動向を踏まえた検討

今後は、実用化されている技術だけでなく、構造形式や施工方法、システム等、国内外の最新技術の導入によるコスト縮減の可能性について検討する必要がある。

2. 2 検討ルートとコスト縮減方策によるケース設定

2. 2. 1 過年度調査のケース設定

(1) 平成 23 年度調査のケース設定

平成 23 年度調査では、モデルケースとして 5 つのケースを設定している。

糸満～名護に至るルートとして、人口集積度の高い地域を中心に本島内の主要都市間の連絡性を確保し、県土の都市軸を形成しつつ、交通需要の確保が期待できるルートを幹線骨格軸とし、那覇市～宜野湾市の導入空間を「県道 251 号（以下、パイプラインと称す）」とするルートを基本ルートとしてケース 1、「国道 330 号」とするルートをケース 2 としている。

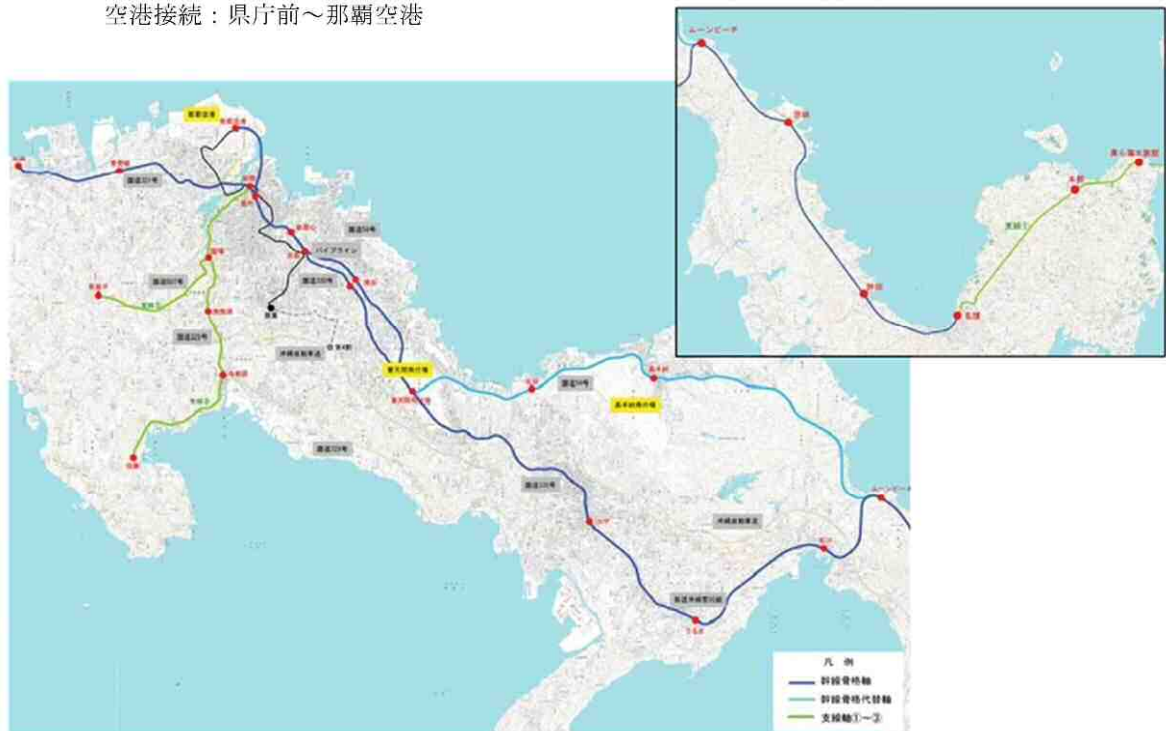
また、糸満～宜野湾に至る区間では、都市間の連絡性を確保して県土の骨格軸を形成しつつ、宜野湾～名護に至る区間では、観光・レジャーの拠点・施設間を結んで観光振興を図るルートを幹線骨格代替軸としてケース 3 としている。

ケース 4 は幹線骨格軸の基本ルートとしているケース 1 に支線①（名護～美ら海水族館）、支線②（旭橋～佐敷）、支線③（旭橋～東風平）を加えたケース、ケース 5 はケース 1 に空港接続（県庁前～那覇空港）を加えたケースとしている。

表 平成23年度調査のケース設定

検討ケース	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間
ケース 1	幹線骨格軸	うるま	パイプライン
ケース 2		うるま	国道330号
ケース 3	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン
ケース 4	ケース 1 + 支線①②③	うるま	パイプライン
ケース 5	ケース 1 + 空港接続	うるま	パイプライン

注) 幹線骨格軸及び幹線骨格代替軸：糸満～名護
支線①：名護～美ら海水族館、支線②：旭橋～佐敷、支線③：旭橋～東風平
空港接続：県庁前～那覇空港



出典：平成 23 年度調査報告書

図 平成 23 年度調査のモデルルート

(2) 平成 24 年度調査のケース設定

平成 24 年度調査では、平成 23 年度調査で実施したモデルケースをもとに、以下のコスト削減方策メニューを考慮したケース設定を行っている。

表 コスト削減方策メニュー

コスト削減方策メニュー		概要
施設等の変更	① 部分単線化	輸送需要が少ない区間について、部分単線化を図る。
	② 小型システムの採用	鉄輪リニアの採用により、構造物等の規模を縮小する。
	③ 施設の簡素化	駅の低層化（浅深度化）や設備等の簡素化を図る。
導入空間変更等	④ 沖縄自動車道の活用	沖縄自動車道の路面空間や既設構造物を活用する。
	⑤ 構造変更・基地跡地利用	高架や地平構造への変更や基地跡地を活用する。

表 平成24年度調査のケース設定

【鉄道】

平成23年度調査の検討ケース				平成24年度調査の検討ケース	
検討ケース	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間	検討ケース	コスト削減方策
ケース1R	幹線骨格軸	うるま	パイプライン	ケース1R-1	部分単線
ケース2R		うるま	国道330号	ケース1R-2	小型システム（鉄輪リニア）
ケース3R	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン	ケース2R-1	部分単線
ケース4R	ケース 1 + 支線①②③	うるま	パイプライン	ケース3R-1	部分単線
ケース5R	ケース 1 + 空港接続	うるま	パイプライン	ケース4R-1	部分単線
			沖縄自動車道	ケース5R-1	部分単線
		うるま	国道58号	ケース6R	沖縄自動車道の活用
				ケース7R	構造変更 (那覇～普天間間を国道58号に高架構造、米軍用地内に地平で導入)

注) 幹線骨格軸及び幹線骨格代替軸：糸満～名護
支線①：名護～美ら海水族館、支線②：旭橋～佐敷、支線③：旭橋～東風平
空港接続：県庁前～那覇空港

【トラムトレイン】

平成23年度調査の検討ケース				平成24年度調査の検討ケース	
検討ケース	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間	検討ケース	コスト削減方策
ケース1T	幹線骨格軸	うるま	パイプライン	ケース1T-1	部分単線
ケース2T		うるま	国道330号	ケース1T-2	施設の簡素化
ケース3T	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン	ケース2T-1	部分単線
ケース4T	ケース 1 + 支線①②③	うるま	パイプライン	ケース3T-1	部分単線
ケース5T	ケース 1 + 空港接続	うるま	パイプライン	ケース4T-1	部分単線
			沖縄自動車道	ケース5T-1	部分単線
				ケース6T	沖縄自動車道の活用

注) 幹線骨格軸及び幹線骨格代替軸：糸満～名護
支線①：名護～美ら海水族館、支線②：旭橋～佐敷、支線③：旭橋～東風平
空港接続：県庁前～那覇空港

2. 2. 2 平成 25 年度調査のケース設定

(1) コスト縮減方策検討の着眼点

平成 25 年度調査では、コスト縮減方策として、以下の 6 つの着眼点で検討を行う。

【検討の着眼点】

- 1) 最新技術の採用
- 2) 単線区間の拡大
- 3) 全線単線化
- 4) 駅数の見直し
- 5) 小型システム
- 6) 地下区間から地上区間への構造変更

(2) ケース設定の考え方

平成 25 年度調査では、平成 24 年度調査で実施した検討ケースをもとに、上記のコスト縮減方策を考慮したケース設定を行った。

なお、平成 24 年度調査のうち沖縄自動車道を活用したケース 6 については、「沖縄自動車道の全線（那覇 IC～許田 IC）に鉄軌道を導入することは極めて困難である」との検討結果から、検討対象外とする。

また、LRT による整備としている支線②（旭橋～佐敷）、支線③（旭橋～東風平）については、平成 24 年度調査と同様、幹線骨格軸・幹線骨格代替軸に比べて事業費がかなり少なく、コスト縮減効果が限定的であること等から、コスト縮減の検討対象外とする。

1) 最新技術の採用

平成 24 年度調査までは、現在、一般的に用いられている構造形式及び施工方法を想定して概算事業費を算出している。平成 25 年度調査では、今後、一般的に用いられ、コスト縮減に寄与されると想定される最新技術を導入した場合の検討を行う。

なお、今後は、ここで採用した最新技術が一般的に用いられるようになっていくものと想定されることから、他のケースは、最新技術の採用を考慮するものとして検討を行うこととする。

- ・ 検討ケース：ケース 1R-4、ケース 1T-4

2) 単線区間の拡大

平成 24 年度調査では、都市集積が図られている中南部都市圏を除く郊外部を単線とする、部分単線化の検討を行っている。平成 25 年度調査では、平成 24 年度調査のケースについて、単線区間の範囲拡大を行った場合の検討を行う。

なお、ケース 7 は、平成 24 年度調査でコスト縮減方策の組合せとして部分単線化による概算事業費の算出は行っているが、事業性の検討を行っていないため、平成 25 年度調査にて併せて検討を行う。

- ・ 検討ケース

○鉄道：ケース 1R-1-1、ケース 2R-1-1、ケース 3R-1-1、ケース 4R-1-1、ケース 5R-1-1、
ケース 7R-1（部分単線化）、ケース 7R-1-1（単線区間の拡大）

- トラムトレイン：ケース1T-1-1、ケース2T-1-1、ケース3T-1-1、ケース4T-1-1、
ケース5T-1-1、ケース7T-1（部分単線化）、ケース7T-1-1（単線区
間の拡大）

3) 全線単線化

平成23年度調査では、全線複線として検討を行い、平成24年度調査では、都市集積が図られている中南部都市圏を除く郊外部を単線とする、部分単線化の検討を行っている。平成25年度調査では、コスト縮減として、全線を単線化した場合の検討を行う。

- ・ 検討ケース

- 鉄道：ケース1R-1-2

- トラムトレイン：ケース1T-1-2

4) 駅数の見直し

駅の位置と間隔は、開業後の利用客数を左右する重要な要素である。駅数を減少させると建設費が縮減されるだけでなく、速達性が向上し、需要が増加することもあることから、県民の要望や地域特性を考慮しつつ、平成24年度調査までに検討されてきた駅数の見直しを行う。

- ・ 検討ケース

- 鉄道：ケース1R-6、ケース7R-5

- トラムトレイン：ケース1T-3、ケース7T-3

5) 小型システム

小型システムは、小断面化によるコスト縮減が図れる。

平成24年度調査では、鉄道において、小型車両で急こう配対応型システムである鉄輪リニア（都営大江戸線等）を採用した検討を行っている。平成25年度調査では、鉄輪リニアと比較して建設費を一層縮減し、走行性能を更に改善するシステムとして現在技術開発中のスマート・リニアメトロを用いる検討を行う。

- ・ 検討ケース：ケース1R-3、ケース7R-2

6) 地下区間から地上区間への構造変更

① 名護付近の構造変更

幹線骨格軸の基本ルートであるケース1の構造形式の割合をみると、地下区間が全体の約6割を占めている。幹線骨格代替軸のケース3及び平成24年度調査で検討したケース7のように、地下区間の割合を減らすことでコスト縮減効果があると想定される。これより、基本ケースであるケース1、平成24年度調査において、構造変更により一定のコスト縮減効果のあったケース7において、構造変更の検討を行う。

- ・ 検討ケース：ケース1R-5、ケース7R-4

② 支線①（名護～沖縄美ら海水族館）の構造変更

名護から沖縄美ら海水族館までの支線①は、平成24年度調査までは速達性確保の観点から、丘

陵地（山岳部）をトンネル構造とする直線的なルートを設定している。平成25年度調査では、コスト削減及び景観向上の観点から海沿いの道路空間に地平構造として導入するルートの検討を行う。

- ・ 検討ケース：ケース4T-2

③ 国道58号への地平構造による導入検討

平成24年度調査では、鉄道で導入する場合、那覇～普天間間をパイプラインから国道58号に変更し、高架構造としたことにより、一定のコスト削減効果があった。よって、平成25年度調査では、国道58号へトラムトレインを導入する検討を行う。

- ・ 検討ケース：ケース7T

④ 空港接続線の構造変更

県庁前から那覇空港までの空港接続線は、平成24年度調査までは県庁前から西消防署通りを導入空間とし、那覇港を地下構造で横断するルートを設定している。平成25年度調査では、県庁前から那覇空港までのルートを可能な限り高架構造とするルート検討を行う。また、平成24年度調査において、構造変更により一定の効果のあったケース7から那覇空港への接続についても検討する。

- ・ 検討ケース：ケース5R-2、ケース7R-3、ケース7T-2

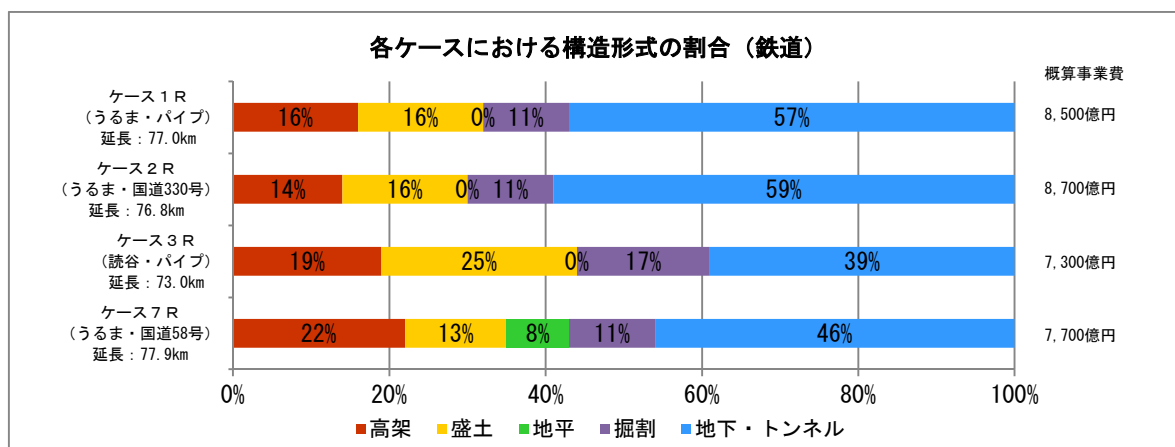


図 各ケースにおける構造形式の割合（鉄道）

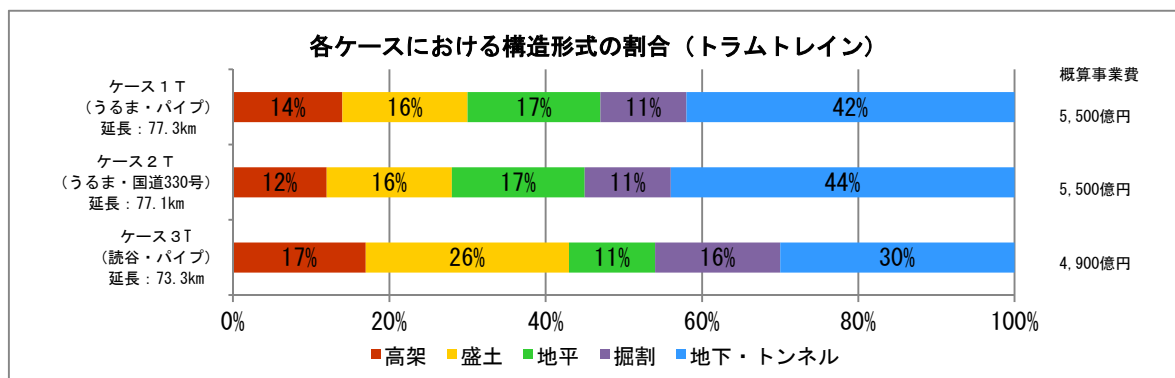


図 各ケースにおける構造形式の割合（トラムトレイン）

表 平成25年度調査におけるケース設定（鉄道）

【鉄道】

平成23年度調査の検討ケース			平成24年度調査の検討ケース		平成25年度調査の検討ケース	
検討ケース	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間	検討ケース	コスト削減方策	検討ケース
ケース1	幹線骨格軸	うるま	パイプライン	ケース1R-1	部分単線	ケース1R-1-1
				ケース1R-2	小型システム（鉄輪リニア）	ケース1R-1-2
ケース2		うるま	—	—	—	ケース1R-3
ケース3	幹線骨格代替軸	うるま	国道330号	ケース2R-1	部分単線	ケース1R-4
ケース4	ケース1 + 支線①②③	読谷	パイプライン	ケース3R-1	部分単線	ケース1R-5
ケース5	ケース1 + 空港接続	うるま	パイプライン	ケース4R-1	部分単線	ケース1R-6
				ケース5R-1	部分単線	ケース2R-1-1
			沖縄自動車道	ケース6R	沖縄自動車道の活用	ケース3R-1-1
		うるま	国道58号	ケース7R	構造変更 (那覇～普天間間を国道58号に高架構造、米軍用地内に地平で導入)	ケース4R-1-1
						ケース5R-1-1
						ケース5R-2
						—
						ケース7R-1
						ケース7R-1-1
						ケース7R-2
						ケース7R-3
						ケース7R-4
						ケース7R-5

注) 幹線骨格軸及び幹線骨格代替軸：糸満～名護

支線①：名護～美ら海水族館、支線②：旭橋～佐敷、支線③：旭橋～東風平

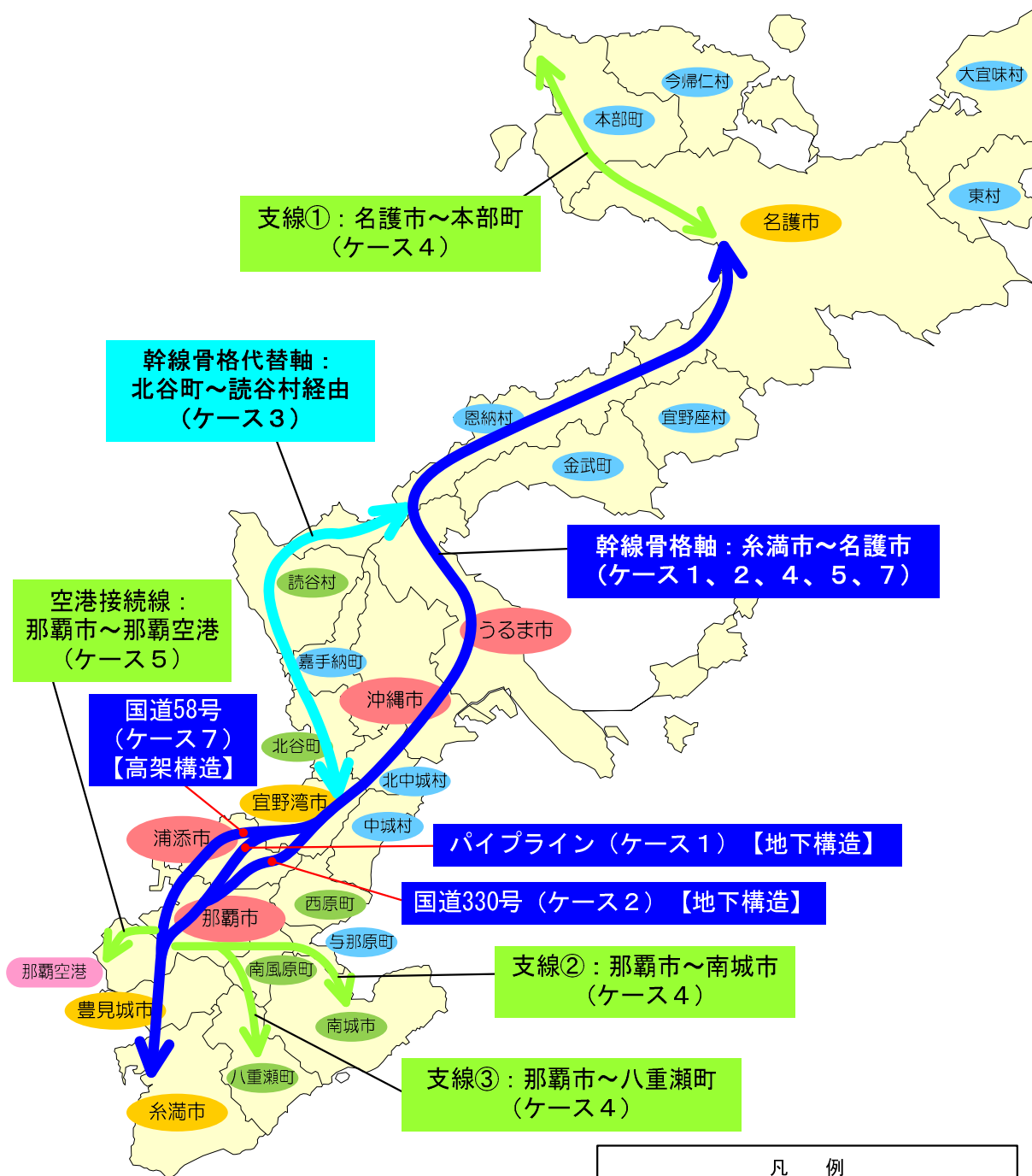
空港接続：県庁前～那覇空港

表 平成25年度調査におけるケース設定（トラムトレイン）

【トラムトレイン】

平成23年度調査の検討ケース			平成24年度調査の検討ケース		平成25年度調査の検討ケース		
検討ケース	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間	検討ケース	コスト縮減方策	検討ケース	コスト縮減方策
ケース1	幹線骨格軸	うるま	パイプライン	ケース1T-1	部分単線	ケース1T-1-1	単線区間の拡大
				ケース1T-2	施設の簡素化	ケース1T-1-2	全線単線
				—	—	—	—
ケース2		うるま	国道330号	ケース2T-1	部分単線	ケース1T-3	駅数の見直し
ケース3	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン	ケース3T-1	部分単線	ケース1T-4	最新技術の採用
ケース4	ケース1 + 支線①②③	うるま	パイプライン	ケース4T-1	部分単線	ケース2T-1-1	単線区間の拡大
				—	—	ケース3T-1-1	単線区間の拡大
ケース5	ケース1 + 空港接続	うるま	パイプライン	ケース5T-1	部分単線	ケース4T-1-1	単線区間の拡大
				ケース6T	沖縄自動車道の活用	—	—
				—	—	ケース4T-2	構造変更 (支線①を海沿いの道路空間に地平で導入)
				—	—	ケース5T-1-1	単線区間の拡大
				—	—	—	—
				—	—	ケース7T	構造変更 (那覇～普天間を国道58号及び米軍用地内に地平で導入)
				—	—	ケース7T-1	部分単線
				—	—	ケース7T-1-1	単線区間の拡大
				—	—	ケース7T-2	ケース7 + 空港接続
				—	—	ケース7T-3	駅数の見直し

注) 幹線骨格軸及び支線骨格代替軸：糸満～名護
 支線①：名護～美ら海水族館、支線②：旭橋～佐敷、支線③：旭橋～東風平
 空港接続：県庁前～那覇空港



ケース名	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間
ケース1	幹線骨格軸	うるま	パイプライン
ケース2		うるま	国道330号
ケース3	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン
ケース4	ケース1+支線①②③	うるま	パイプライン
ケース5	ケース1+空港接続	うるま	パイプライン
ケース7	幹線骨格軸	うるま	国道58号

凡 例

- ↔ : 幹線骨格軸
- ↔ : 幹線骨格代替軸
- ↔ : 支線①～③、空港接続線
- 那覇市 : 市町村名 (人口10万人以上)
- 宜野湾市 : 市町村名 (人口5～10万人以上)
- 南城市 : 市町村名 (人口2～5万人)
- 嘉手納町 : 市町村名 (人口2万人未満)

注) ケース6は、平成24年度調査において沖縄自動車道を活用するルートとして検討したが、平成25年度調査では検討対象外とした。

図 モデルルート概念図

2. 3 コスト縮減方策の検討

2. 3. 1 概算事業費算出の前提

以下に、概算事業費算出の前提として、概算事業費の内容と構造区分を示す。

(1) 概算事業費の内容

概算事業費は、下表の内容別に算出した。

表 概算事業費の内容

費目	内容
用地費	土地買収、地下補償、建物補償等
土木工事費	土木構造物築造の工事費（車庫を除く）
諸建物費	駅部建築仕上げ、その他地上部の一般建物関係費（車庫を除く）
軌道費	レール、枕木、分岐等の購入費及び軌道施設に要する工事費（車庫を除く）
電気関係費	変電設備、電力設備、通信・信号設備、換気・排水・空調・排煙・防災設備、昇降設備、駅務機器等電気関係施設の工事費（車庫を除く）
車両費	車両、その予備品の購入費
車庫費	車庫土木、建物、工場機器、電力設備、信号・通信設備、軌道関係等の工事費
測量監督費・総係費	測量、調査・設計、監督に関する費用等

注) 都市鉄道調査（地下鉄等鉄道整備の建設コストの標準化に関する調査 運輸政策研究機構）の費目内訳に準じている。

(2) 構造区分

下表に、土木工事費を構成する構造区分を示す。

表 構造区分

一般部/駅部	区間	構造		
一般部	地上	高架		
		盛土		
		地平		
	地下	掘割		
		地下	開削トンネル	
			シールドトンネル	
山岳トンネル				
駅部	地上	高架		
		地平		
	地下	開削トンネル		

2. 3. 2 最新技術の採用の検討

平成 23 年度及び平成 24 年度調査では、一般的で実績のある方法での工事費の単価設定を行い、概算事業費を算出した。

平成 25 年度調査では、コスト縮減を目的として、関連する最新技術の選出・比較検討を行い、採用の可否を決定し、その効果を反映して概算事業費を算出した。

(1) 最新技術の概要

コスト縮減の効果が期待される関連する最新技術として以下を選出した。

- ・ S E N S 工法
- ・ 矩形シールド工法
- ・ 無線を用いた列車制御システム

次頁以降に各最新技術の概要を示す。

1) SENS^{注1)}工法

基本ルート（ケース1R）の路線延長の約4割が地下構造となっており、コストを削減するには、地下工事費を抑えることが重要となる。

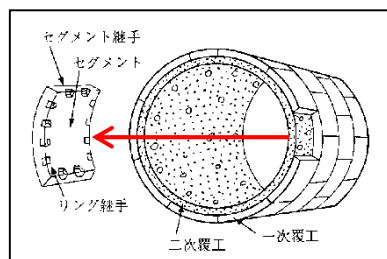
都市部や軟弱地盤で地下トンネルを構築する場合、安全性と施工性に優れたシールド工法^{注2)}を採用することが多いが、コストが割高になるという短所がある。

コスト高の主な要因は、トンネル空間の地盤の安定を保つためにセグメント（既製鉄筋コンクリート）を用いるためである。セグメントは工場製作品であるため、材料費以外に工場製作費（人件費＋工場管理経費）と運搬費が必要となる。

SENS工法では、セグメントの代わりに、現場打ちコンクリート（全ての作業工程を現地で施工）を用いるため、工場製作費（人件費＋工場管理経費）と運搬費が削減され、コストが削減される。

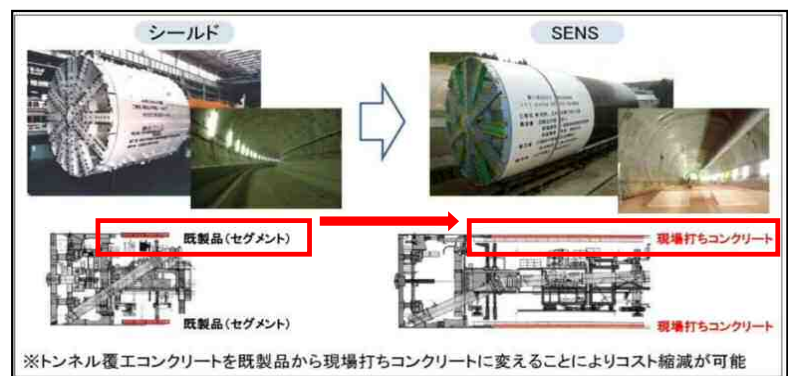
注1) S: Shield Machine (シールド)、E: Extruded Concrete Lining (場所打ちコンクリート)、N: New Austrian Tunneling Method (NATM)、S: System (システム) の頭文字を採ってSENSと名付けられた。

注2) シールド工法: 地下トンネル構築工法の一つで、鋼製の掘削機械（シールドマシン）により地中を掘削すると同時に、掘削機械の後方でセグメントを設置することにより地盤の安定を保ち、トンネルを構築する。



出典: 「シールド工法」地盤工学会

図 シールド工法のセグメント



出典: 鉄道建設・運輸施設整備支援機構のホームページ

図 シールド工法とSENS工法の比較

- ・ SENS工法の施工実績として、以下の2件の工事が完了している。
 - 「東北新幹線 三本木原トンネル工事」
 - 「北海道新幹線 津軽蓬田トンネル工事」
- ・ 「相鉄・JR直通線 西谷トンネル工事」は現在施工中で、都市部で初めて採用された事例である。

2) 矩形シールド工法

従来の円形シールド工法では、①必要内空断面を確保するためにトンネルの直径が大きくなる（余分な掘削断面）、②所要の土被りを確保するためにトンネルの設置深度が深くなるなどの課題があった。最近のシールド工法では、矩形や馬蹄形など多様な断面の掘削が可能なシールド掘削機が開発されて、円形トンネルと比較して掘削土量の低減・トンネル断面利用の合理化によるコスト縮減を実現している。



出典：鹿島建設のホームページ

図 矩形シールド工法

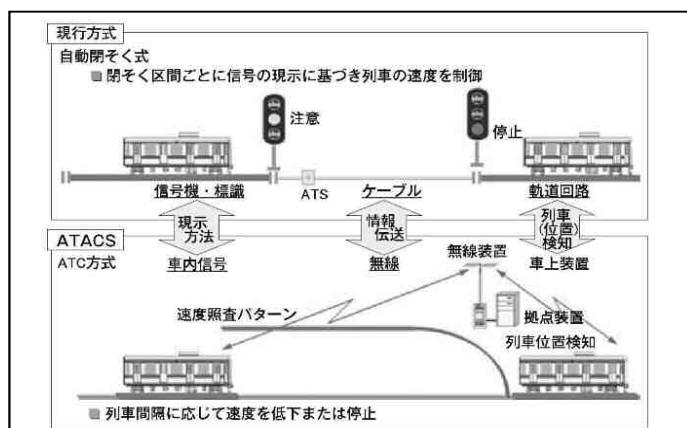
3) 無線を用いた列車制御システム

近年、無線通信技術の発展と情報処理技術が向上したことにより、無線を使って列車を制御するシステムの実用化が進められている。無線を用いた列車制御システムは、従来の信号システムとは違い、軌道回路を使わず、無線で列車の位置を把握できるため、地上設備のスリム化が可能となった。

地上設備のスリム化により、①軌道回路をはじめとした地上設備の削減、②設備数の削減による保守費用の低減が可能となる。また、輸送障害（列車の大幅な遅延など）の原因となりやすい信号トラブルの削減も期待される。

J R 東日本では、無線を用いた列車制御システムとして、ATACS*を開発し、2011年10月にJ R 仙石線（あおば通～東塩釜）で試験使用を開始した。2017年秋にJ R 埼京線（池袋～大宮間）に本システムの導入が予定されている（J R 東日本プレスリリース 2013年10月8日）。

*ATACS（アタックス=Advanced Train Administration and Communications System）：列車位置検知を軌道回路によらずに、走行する列車自らが在線する位置を検知し、無線を使って車上・地上間で双方向に情報通信を行うことにより、列車の間隔制御を実現する全く新しいシステム。



出典：JR EAST Technical Review

図 現行方式と ATACS の比較

(2) 最新技術によるコスト削減効果と採用の可否

最新技術によるコスト削減効果と採用の可否を下表に示す。

最新技術によるコスト削減策として、シールドトンネル構造に対して、矩形シールド工法と比較してコスト削減効果が大きいSENS工法を採用する。

表 最新技術によるコスト削減効果と採用の可否

構造形式・費目	シールドトンネル		電気関係 (通信・信号設備)
	SENS工法	矩形シールド	無線を用いた 列車制御システム
コスト削減効果 ^{注1)}	▲26% ^{注2)}	▲16% ^{注3)}	—
採用の可否	○	×	×
	「矩形シールド」に対してコスト削減効果が大きいため。	「SENS工法」に対してコスト削減効果が小さいため。	概算事業費に対するコスト削減効果は小さいと考えられること。 ^{注4)} また、国内で本運用の実績がなく、コスト削減効果の程度が不明なため。

注1) コスト削減効果は、土木工事費の各構造形式別工事費に対するコスト削減効果を示す。

注2) 「NETIS(新技術情報提供システム)」国土交通省

注3) 円形断面と矩形断面を設定して試算。

注4) 概算事業費に占める電気関係費の割合：15% (出展：「平成24年度調査報告書 ケース1R」)

電気関係費に占める通信・信号費の割合：約25% (出展「地下鉄等鉄道整備の建設コストの標準化に関する調査」運輸政策研究機構)

よって、概算事業費に占める通信・信号費の割合は15%×0.25=4%程度であり、実際の削減効果は更に小さくなり、条件を絞ったより詳細レベルでの検討が必要であると考えられる。

(3) 最新技術の採用によるコスト縮減効果

SENS工法の採用によるコスト縮減効果を下表に示す。

基本ルート（ケース1）では、地下構造（シールドトンネル）のコストが占める割合が大きく、シールドトンネル構造にSENS工法を採用することにより、コスト縮減効果が大きくなる。

SENS工法の採用により、鉄道では9%程度、トラムトレインでは13%程度のコスト縮減効果がある。

なお、SENS工法は沖縄の地盤条件に対しても適用可能と考えられるため、その他の全てのケースに対して適用した。今後も新たな技術等によるコスト縮減方策について引き続き検討することが重要である。

表 最新技術の採用によるコスト縮減効果
(基本ケース1R, 1Tに対するコスト縮減効果)

交通システム	ケース名	シールドトンネルのコスト割合	概算事業費	コスト縮減額	コスト縮減効果
普通鉄道 (過年度検討)	1R (基本ケース)	56%	8,500億円	—	—
普通鉄道	1R-4 (最新技術の採用)	47%	7,700億円	▲800億円	▲9%
トラムトレイン (過年度検討)	1T (基本ケース)	53%	5,500億円	—	—
トラムトレイン	1T-4 (最新技術の採用)	44%	4,800億円	▲700億円	▲13%

注) シールドトンネルのコスト割合は土木工事費に占める割合を示す。

2. 3. 3 単線区間拡大の検討

複線区間を一部単線とすることで、初期工事費（線路・路盤費、トンネル断面の縮小によるトンネル工事費等）、保守・維持費等の縮減が期待できる。

平成 24 年度調査では、輸送需要の少ない区間を単線とする部分単線化を検討した。平成 25 年度調査では、事業費を縮減する方策として、輸送需要をみてさらに単線区間を拡大する検討を行った。

単線区間では、駅間での行き違いの制約から運行に影響が出るため、輸送需要を処理するために必要なピーク時の運行本数を設定し、運行本数を確保するための運行ダイヤを検討するとともに、概算事業費を試算した。

また、ここで設定した運行本数、駅間所要時間等のサービス水準をもとに需要予測を行った。

(1) 単線区間拡大範囲の設定

平成 24 年度調査では、糸満市役所～豊見城及びうるま市役所～名護を単線検討区間としている。

平成 23 年度調査の駅間断面交通量をみると、経由地を「うるま」とするケース 1、ケース 2、ケース 4、ケース 5、ケース 7 では、旭橋以南及び宜野湾市役所北以北の駅間断面交通量が最も多い断面交通量の約 7 割程度以下となっている。同様に、経由地を「読谷」とするケース 3 では、旭橋以南及び伊佐以北の駅間断面交通量が最も多い断面交通量の約 7 割程度以下となっている。

よって、平成 25 年度調査では、鉄道の場合、経由地を「うるま」とするケース 1、ケース 2、ケース 4、ケース 5、ケース 7 では、糸満市役所～旭橋及び宜野湾市役所北～名護を単線検討区間と設定し、経由地を「読谷」とするケース 3 では、糸満市役所～旭橋及び伊佐～名護を単線検討区間と設定する。

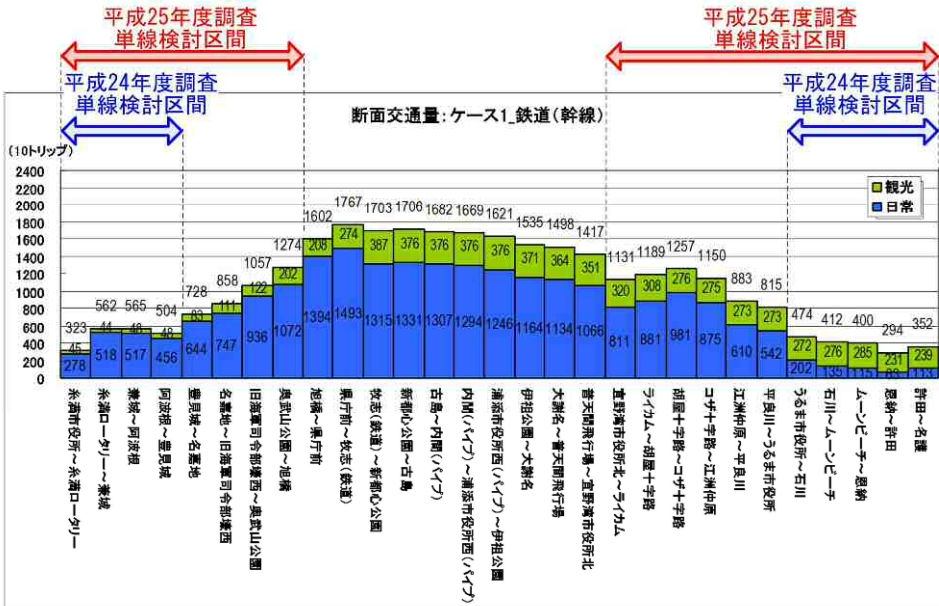
また、トラムトレインの場合、奥武山公園～旭橋間は併用軌道となっており、数箇所の急曲線が設定されていることから表定速度が遅く、この区間を単線にするとさらに制約を受けることとなる。よって、旭橋以南では、糸満市役所～奥武山公園を単線検討区間と設定する。

なお、ケース 7 は、平成 24 年度調査において全線複線しか検討を行っていないため、平成 25 年度調査において、部分単線化及び単線区間の拡大を検討する。

表 各ケースの単線検討区間

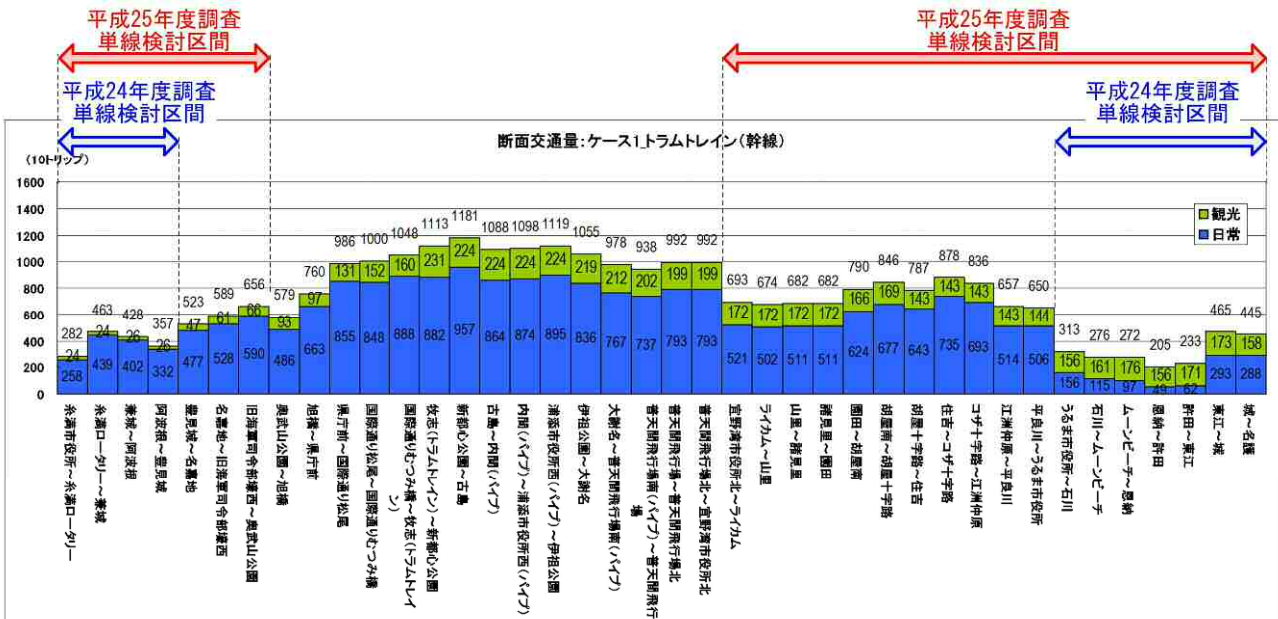
システム	ケース名	経由地	那覇～普天間の導入空間	単線検討区間	
				部分単線化 (平成 24 年度調査)	単線区間の拡大 (平成 25 年度調査)
鉄道	ケース 1	うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城	・糸満市役所～旭橋
	ケース 2	うるま	国道 330 号	・うるま市役所～名護	・宜野湾市役所北～名護
	ケース 3	読谷	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・嘉手納ロータリー～名護	・糸満市役所～旭橋 ・伊佐～名護
	ケース 4	うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 ・名護～沖縄美ら海水族館	・糸満市役所～旭橋 ・宜野湾市役所北～名護 ・名護～沖縄美ら海水族館
	ケース 5	うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 ・県庁前～那覇空港	・糸満市役所～旭橋 ・宜野湾市役所北～名護 ・県庁前～那覇空港
	ケース 7	うるま	国道 58 号	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 [平成 25 年度調査で実施]	・糸満市役所～旭橋 ・宜野湾市役所北～名護
	トラムトレイン	ケース 1	うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城
ケース 2		うるま	国道 330 号	・うるま市役所～名護	・宜野湾市役所北～名護
ケース 3		読谷	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・嘉手納ロータリー～名護	・糸満市役所～奥武山公園 ・伊佐～名護
ケース 4		うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 ・名護～沖縄美ら海水族館	・糸満市役所～奥武山公園 ・宜野湾市役所北～名護 ・名護～沖縄美ら海水族館
ケース 5		うるま	パイプライン	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 ・県庁前～那覇空港	・糸満市役所～奥武山公園 ・宜野湾市役所北～名護 ・県庁前～那覇空港
ケース 7		うるま	国道 58 号	・糸満市役所～豊見城 ・うるま市役所～名護 [平成 25 年度調査で実施]	・糸満市役所～奥武山公園 ・宜野湾市役所北～名護

【ケース1（うるま・パイプライン）の駅間断面交通量】



注) 「平成 23 年度調査報告書」より引用し、加筆した。

図 ケース1R（うるま・パイプライン）鉄道の駅間断面交通量



注) 「平成 23 年度調査報告書」より引用し、加筆した。

図 ケース1T（うるま・パイプライン）トラムトレインの駅間断面交通量