

パナマ共和国
メトロ庁

パナマ国
首都圏都市交通（3号線）
整備事業準備調査

ファイナルレポート要約版

平成 26 年 9 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社
株式会社トーニチコンサルタント
株式会社トステムズ
中南米工営株式会社

基盤
CR(4)
14-168

パナマ共和国
メトロ庁

パナマ国
首都圏都市交通（3号線）
整備事業準備調査

ファイナルレポート要約版

平成 26 年 9 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

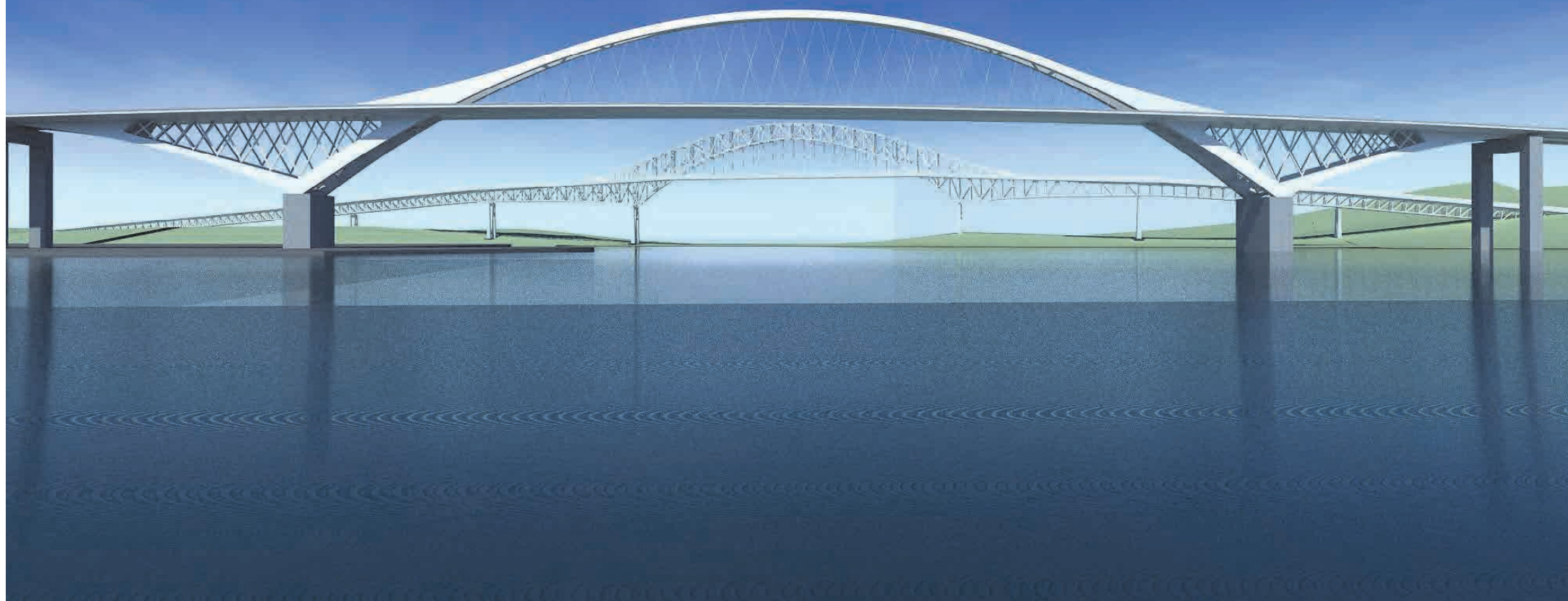
日本工営株式会社
株式会社トーニチコンサルタント
株式会社トステムズ
中南米工営株式会社

為替レート (2013年10月)

1 バルボア (B/.)	= 99.7 円
1 円	= 0.01003 バルボア
1 米ドル (US\$)	= 99.7 円
1 US\$	= 1 バルボア




- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。
今後の検討により、外観が変わることがあります。
- ・当画像の著作権はJICAに帰属します。
無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。

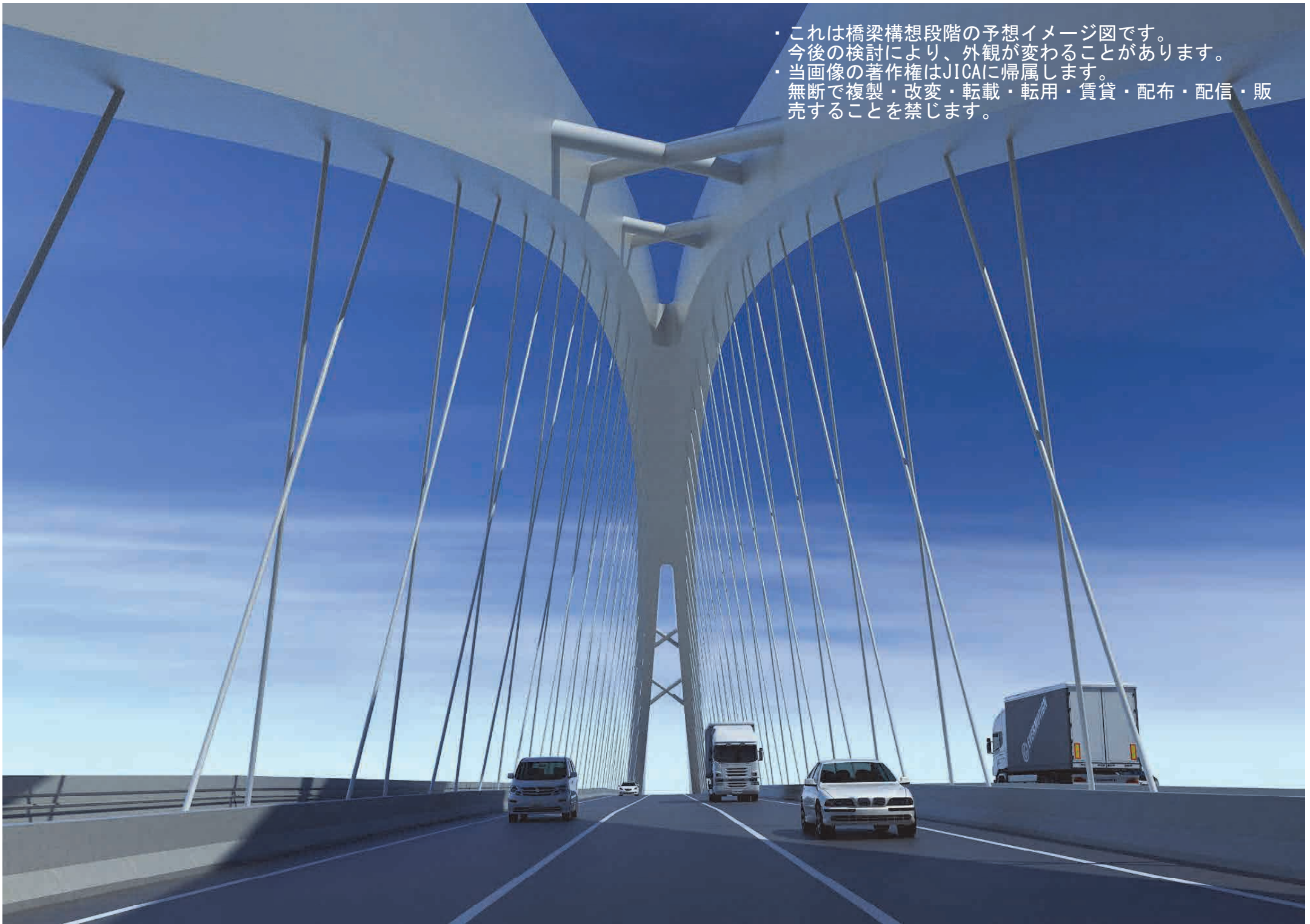




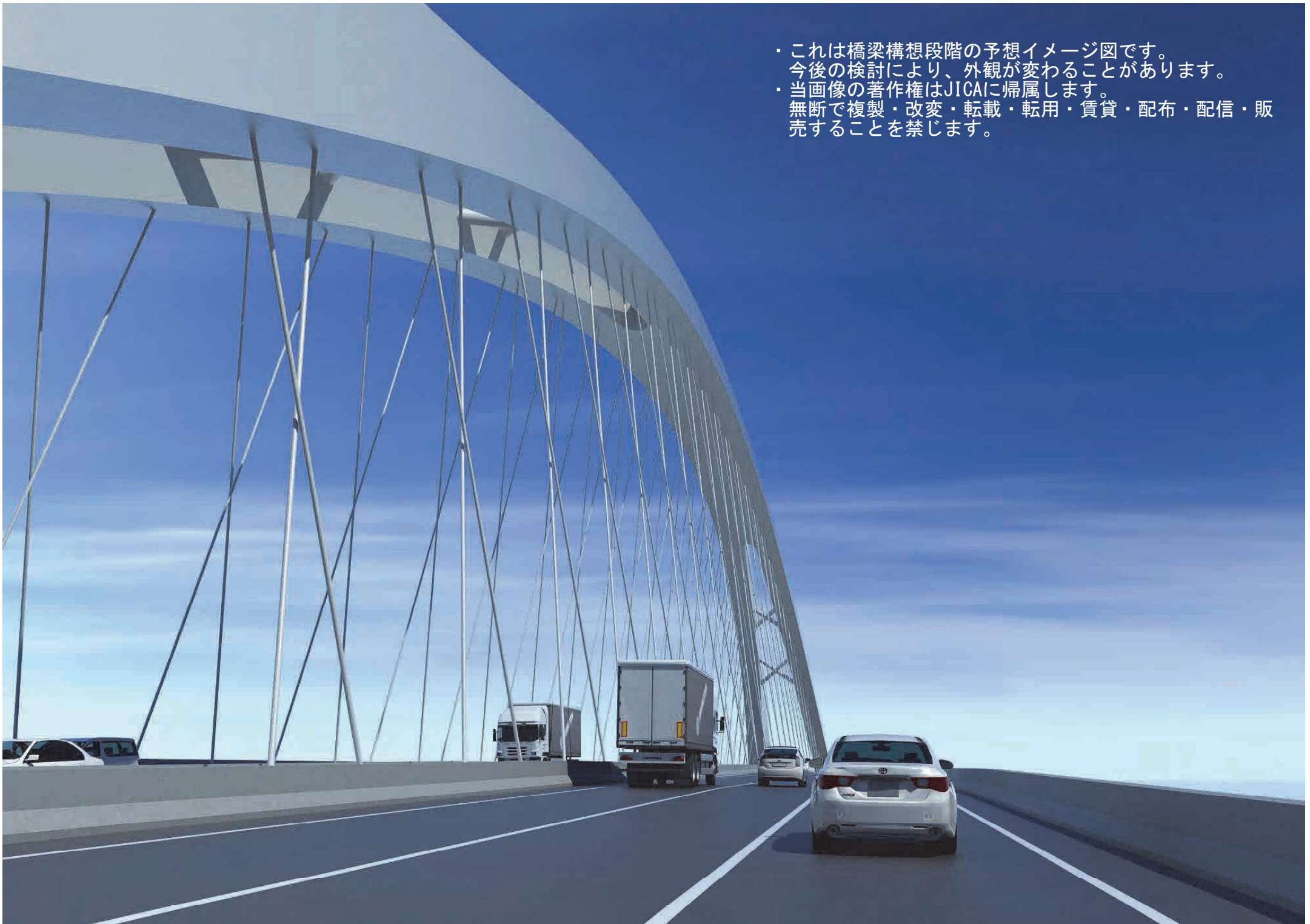
- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。
今後の検討により、外観が変わることがあります。
- ・当画像の著作権はJICAに帰属します。
無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。

- 
- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。
今後の検討により、外観が変わることがあります。
 - ・当画像の著作権はJICAに帰属します。
無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。

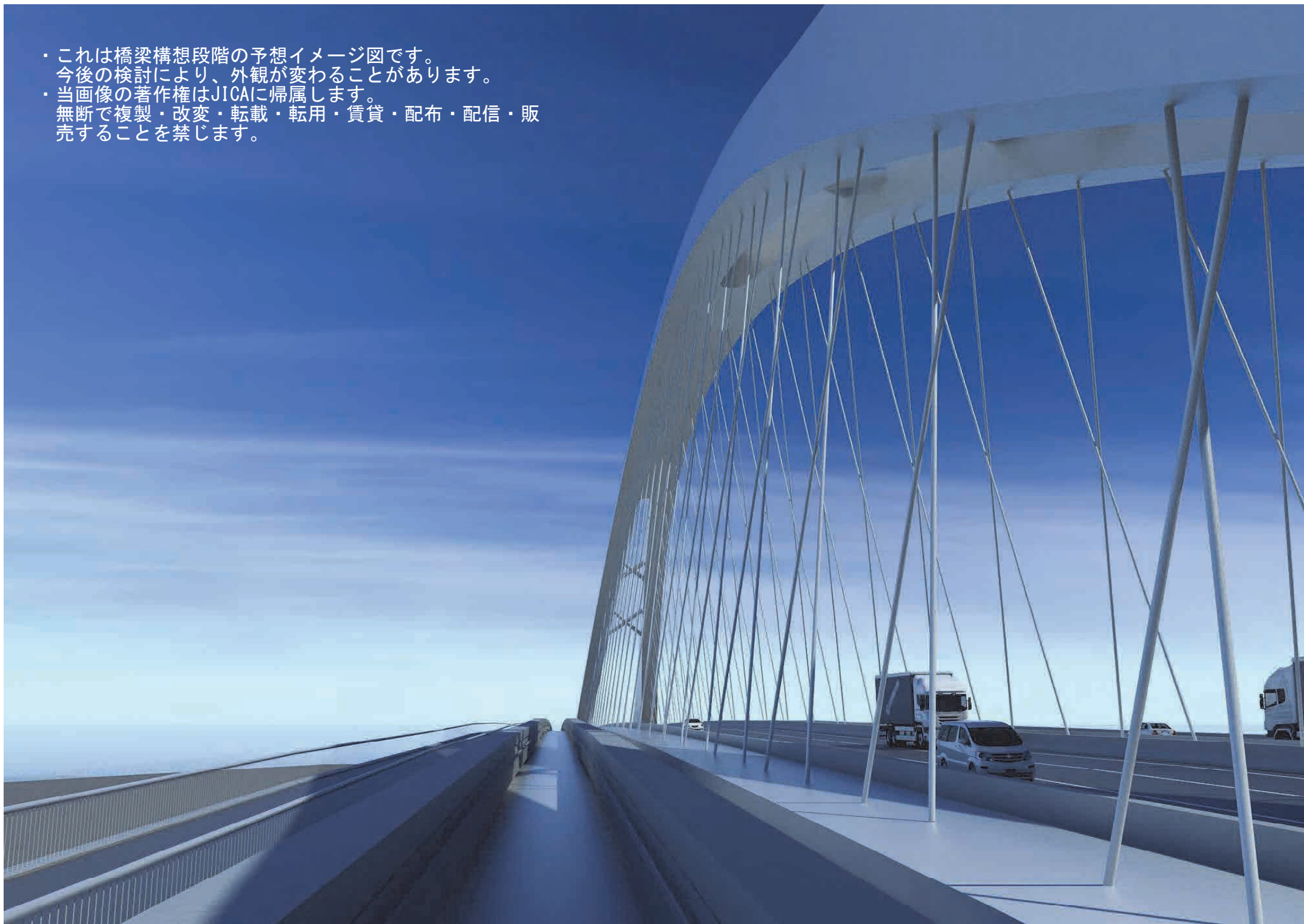
- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。今後の検討により、外観が変わることがあります。
- ・当画像の著作権はJICAに帰属します。無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。

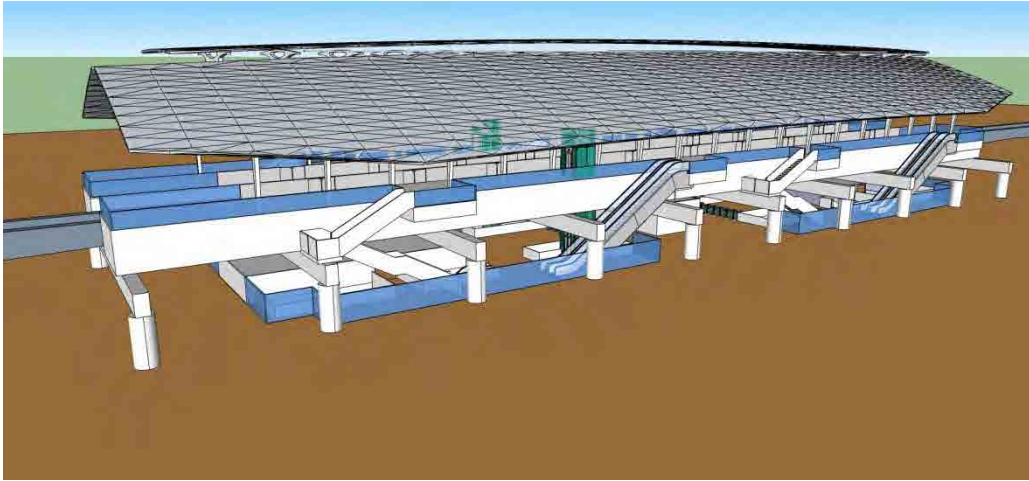


- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。
今後の検討により、外観が変わることがあります。
- ・当画像の著作権はJICAに帰属します。
無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。



- ・これは橋梁構想段階の予想イメージ図です。
今後の検討により、外観が変わることがあります。
- ・当画像の著作権はJICAに帰属します。
無断で複製・改変・転載・転用・賃貸・配布・配信・販売することを禁じます。





Albright Station



Standard Station



パナマ国パナマ首都圏都市交通(3号線)整備事業準備調査

ファイナルレポート要約版

目次

第1部 事業の必要性

第1章	事業の概要	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	事業の範囲	1-1
1.3	調査の目的	1-2
1.3.1	都市交通3号線	1-2
1.3.2	第4パナマ運河橋	1-2
1.4	調査の範囲	1-2
1.5	調査対象地域	1-3
1.6	作業工程	1-4
第2章	事業の必要性	2-1
2.1	都市交通の現況と課題	2-1
2.1.1	社会経済状況と都市開発	2-1
2.1.2	交通網	2-3
2.1.3	公共交通	2-3
2.1.4	都市交通の現況と問題点	2-3
2.2	都市交通部門の政策・事業	2-4
2.3	他援助機関、民間資金による都市交通セクター及び道路セクター支援動向	2-5
2.4	第4橋及び都市交通3号線事業の必要性	2-5
2.4.1	運河を横断する交通施設整備の必要性	2-5
2.4.2	第4運河橋事業の必要性	2-5
2.4.3	都市交通3号線の必要性	2-6
2.5	代替案の評価	2-6
2.6	結論	2-6
第3章	需要予測	3-1
3.1	はじめに	3-1
3.2	運河庁 Pre-F/S における需要予測	3-1
3.3	交通調査	3-1
3.4	社会経済フレームワーク	3-2
3.4.1	経済成長率	3-2
3.4.2	人口推計	3-2
3.4.3	自動車保有	3-2
3.5	需要予測モデル	3-3
3.5.1	パナマ運河を通過する交通	3-3
3.5.2	OD表	3-4
3.5.3	機関分担	3-5
3.5.4	パナマ・パシフィコの需要	3-5
3.5.5	交通量配分	3-6
3.5.6	道路交通配分	3-6

3.6	将来旅客需要.....	3-7
3.6.1	ピーク時旅客需要	3-7
3.6.2	日交通量.....	3-8
3.6.3	交通量配分の結果.....	3-9
第4章	自然条件.....	4-1
4.1	地勢.....	4-1
4.2	地形.....	4-1
4.3	土質.....	4-1
4.4	気象.....	4-1
4.4.1	気温.....	4-1
4.4.2	湿度.....	4-1
4.4.3	降雨.....	4-1
4.4.4	風.....	4-1
4.5	水文(パナマ運河(含む洗掘))	4-2
4.6	地震.....	4-2

第2部 都市交通3号線の事業計画

第5章	システム選定.....	5-1
5.1	ルート案.....	5-1
5.1.1	比較項目.....	5-1
5.1.2	比較方法.....	5-1
5.1.3	評価.....	5-2
5.2	第1回目のスクリーニング.....	5-3
5.3	多基準分析.....	5-4
5.3.1	システム選定表.....	5-4
5.3.2	条件と比較手法.....	5-5
5.3.3	レーダチャートによる比較.....	5-5
5.4	結論.....	5-6
第6章	路線計画.....	6-1
6.1	3号線の路線.....	6-1
6.2	路線状況.....	6-1
6.2.1	地形条件.....	6-1
6.2.2	地質条件.....	6-4
6.2.3	ユーティリティ.....	6-4
6.2.4	水文条件.....	6-5
6.2.5	気候.....	6-5
6.3	駅位置.....	6-5
第7章	事業計画.....	7-1
7.1	線形.....	7-1
7.2	車両.....	7-2
7.2.1	輸送容量.....	7-2
7.2.2	車両の仕様.....	7-2
7.2.3	RAMS 関係.....	7-4
7.3	運行計画.....	7-5
7.3.1	検討の前提条件.....	7-5
7.3.2	運転計画の検討.....	7-6

7.4	土木構造物.....	7-9
7.4.1	基本方針.....	7-9
7.4.2	適用設計基準.....	7-9
7.5	軌道桁構造.....	7-10
7.5.1	上部構造物.....	7-10
7.5.2	下部工.....	7-10
7.5.3	基礎工.....	7-11
7.5.4	分岐橋.....	7-11
7.5.5	その他の軌道関連設備.....	7-12
7.5.6	設計荷重.....	7-12
7.6	駅.....	7-14
7.6.1	駅導入機能.....	7-14
7.6.2	駅デザイン.....	7-15
7.6.3	バリアフリー・ユニバーサルデザイン.....	7-15
7.6.4	駅構造.....	7-15
7.6.5	プラットホーム.....	7-16
7.6.6	プラットホームスクリーンドア.....	7-17
7.6.7	自動料金収集システム.....	7-18
7.7	交通結節点.....	7-20
7.7.1	駅の分類.....	7-20
7.7.2	交通結節点におけるユニバーサルデザインの適用.....	7-20
7.7.3	交通結節点整備の提案.....	7-20
7.8	車両基地.....	7-24
7.8.1	車両基地の規模と位置.....	7-24
7.8.2	車両基地と車両工場.....	7-24
7.9	き電・変電.....	7-27
7.9.1	電力供給システム.....	7-27
7.9.2	送電系統計画.....	7-27
7.9.3	き電系統計画.....	7-27
7.9.4	電車線設備計画.....	7-28
7.9.5	配電設備計画.....	7-28
7.9.6	落雷対策.....	7-31
7.10	信号.....	7-32
7.11	通信.....	7-34
第8章	事業実施計画.....	8-1
8.1	エンジニアリングサービス.....	8-1
8.2	用地取得.....	8-1
8.3	事業費推計.....	8-1
8.3.1	積算条件.....	8-1
8.3.2	積算結果.....	8-2
8.4	建設計画.....	8-4
8.4.1	下部工.....	8-4
8.4.2	上部工.....	8-4
8.4.3	電気・信号・通信システム設置工事.....	8-6
8.4.4	建設期間中の交通管理計画および安全管理計画.....	8-6
8.4.5	資機材調達.....	8-6
8.4.6	コンサルティングサービス.....	8-7
8.4.7	建設工程.....	8-7

8.5	工事発注パッケージ	8-9
8.6	官民パートナーシップ(PPP)	8-11
8.7	実施計画	8-13
第9章	組織制度(3号線)	9-1
9.1	事業実施体制	9-1
9.2	当該プロジェクトの実施機関	9-1
9.2.1	実施体制	9-1
9.2.2	財務・予算構造	9-1
9.2.3	技術水準	9-1
9.3	当該プロジェクトの運営維持管理体制	9-1
9.4	運営維持管理計画	9-2
9.4.1	運営維持管理計画の前提条件	9-2
9.4.2	要員計画	9-3
9.4.3	維持管理計画	9-3
9.4.4	維持管理経費の算出	9-4

第3部 第4パナマ橋の事業計画

第10章	橋梁計画に係る比較検討	10-1
10.1	第4パナマ運河橋主橋形式のスクリーニング	10-1
10.1.1	目的	10-1
10.1.2	前提条件	10-1
10.1.3	代替案の設定	10-1
10.1.4	スクリーニング方法	10-5
10.1.5	評価結果	10-7
10.2	第4パナマ運河橋主橋の路面数(層数)	10-8
10.2.1	目的	10-8
10.2.2	調査内容	10-8
10.2.3	調査結果	10-8
10.2.4	まとめ	10-8
第11章	道路設計	11-1
11.1	目的	11-1
11.2	調査の作業内容	11-1
11.3	路線概況	11-2
11.3.1	路線概況	11-2
11.3.2	現況交通	11-2
11.3.3	支障物件	11-2
11.4	既存資料の収集・レビュー	11-4
11.4.1	資料収集	11-4
11.4.2	取付道路設計の改良の提案	11-4
11.5	概略設計	11-6
11.5.1	設計条件	11-6
11.5.2	概略設計	11-7
11.5.3	変更及び追加提案	11-11
11.6	コンセプト・デザイン	11-12
11.6.1	コンセプト・デザインの検討	11-12
11.6.2	マイクロシミュレーション	11-14

第12章	橋梁設計	12-1
12.1	目的	12-1
12.2	調査内容	12-1
12.3	調査結果の概要	12-1
12.4	計画・設計条件の設定	12-2
12.4.1	計画条件	12-2
12.4.2	設計条件	12-3
12.5	概略設計	12-4
12.5.1	本線橋	12-4
12.5.2	アメリカ橋連絡道路橋	12-24
12.6	付帯工計画・設計	12-25
12.6.1	伸縮継手	12-25
12.6.2	支承	12-26
12.6.3	歩道	12-26
12.6.4	検査路	12-26
12.6.5	塗装(耐候性鋼材)	12-26
12.7	概略設計図面及び概算工事数量	12-26
12.8	詳細設計への申し送り事項	12-27
第13章	設備設計	13-1
13.1	目的	13-1
13.2	調査内容	13-1
13.3	調査結果	13-1
13.3.1	本事業に必要な設備の条件整理	13-1
13.3.2	メロ3号線整備事業との調整	13-2
13.3.3	設備計画	13-2
13.3.4	概略設計	13-3
13.3.5	公共施設添架計画(本事業対象外)	13-4
13.3.6	既存設備移設計画	13-4
13.3.7	概略設計図面および概算工事数量	13-5
13.4	まとめ	13-5
第14章	概略運営維持管理計画	14-1
14.1	目的	14-1
14.2	調査内容	14-1
14.3	調査結果	14-1
14.3.1	概要	14-1
14.3.2	概略運営維持管理計画の検討	14-2
14.3.3	概略運営維持管理体制	14-3
14.3.4	概略維持管理計画	14-5
14.4	まとめ	14-6
第15章	概略施工計画・概算事業費積算	15-1
15.1	概略施工計画	15-1
15.1.1	概要	15-1
15.1.2	関連法規・基準	15-1
15.1.3	工事工区分け	15-1
15.1.4	労務資機材調達	15-2
15.1.5	施工方法	15-2
15.1.6	仮設備	15-10
15.1.7	施工工程	15-11

15.1.8	建設期間中の交通管理及び安全管理	15-11
15.1.9	まとめ	15-12
15.2	概算事業費積算	15-12
15.2.1	目的	15-12
15.2.2	調査内容	15-12
15.2.3	関連法規・基準	15-12
15.2.4	積算条件	15-12
15.2.5	積算手順	15-13
15.2.6	積算単価	15-13
15.2.7	概算事業費	15-13
15.2.8	まとめ	15-16
15.3	概算運営維持管理費積算	15-16
15.3.1	目的	15-16
15.3.2	概算運営管理維持費	15-16
15.3.3	環境モニタリング費	15-16
15.3.4	まとめ	15-16
第16章	本調査推奨案とPre-F/S案の比較(第4パナマ運河橋主橋)	16-1
16.1	目的	16-1
16.2	概略設計結果の要旨	16-1
16.2.1	本調査推奨案	16-1
16.2.2	Pre-F/S案の概要	16-1
16.3	本調査推奨案とPre-F/S案の比較	16-4
16.3.1	比較方法	16-4
16.3.2	比較結果	16-7
16.4	まとめ	16-7
第17章	事業実施計画	17-1
17.1	事業内容	17-1
17.1.1	対象工事範囲	17-1
17.1.2	既存設備の移設工事	17-2
17.2	メトロ3号線整備事業との仕分け	17-2
17.3	資金調達計画	17-2
17.4	事業実施体制	17-2
17.4.1	事業実施体制	17-2
17.4.2	事業実施機関の財務・予算構造・技術水準	17-3
17.4.3	運営維持管理機関の財務・予算構造・技術水準	17-3
17.5	調達計画	17-4
17.5.1	コンサルタントの調達計画	17-4
17.5.2	施工業者の調達計画	17-5
17.6	事業実施スケジュール	17-5
17.7	その他の留意事項	17-5

第4部 事業効果

第18章	事業効果	18-1
18.1	温室効果ガス削減	18-1
18.2	運用効果指標	18-1
18.3	定性的効果	18-1

18.4	経済分析.....	18-2
18.5	財務分析.....	18-2
第19章	環境社会配慮.....	19-1
第20章	本邦技術の紹介.....	20-1
20.1	概要.....	20-1
20.2	メトロ3号線事業.....	20-1
20.2.1	鉄道システム用地上蓄電設備(BPS).....	20-1
20.3	第4パナマ運河橋事業.....	20-2
20.3.1	橋梁用高降伏点鋼材(SBHS).....	20-2
20.3.2	ニッケル系高耐候性鋼.....	20-2
20.3.3	鋼管矢板基礎.....	20-3
20.3.4	LED低位置照明.....	20-3
第21章	結論と提言.....	21-1
21.1	結論.....	21-1
21.2	事業実施及び整備主体・体制にかかる留意点及び提言.....	21-3
21.2.1	都市交通3号線.....	21-3
21.2.2	第4パナマ運河橋.....	21-4
21.3	事業運営・維持管理体制にかかる留意点.....	21-6
21.3.1	都市交通3号線.....	21-6
21.3.2	第4パナマ運河橋.....	21-6

表一覧

表 2.1	パナマにおける人口内訳	2-1
表 2.2	援助機関別過去5年間の対パナマ融資承認金額(累計)	2-5
表 3.1	将来人口推定	3-2
表 3.2	住民1,000人当たりの車両数(推定)	3-3
表 3.3	西から東への推定旅客量	3-3
表 3.4	東から西への推定旅客量	3-4
表 3.5	中間年におけるパナマ・パシフィコの交通需要予測	3-6
表 3.6	ネットワーク・シナリオ	3-6
表 3.7	トラック交通の将来推計(台/日)	3-7
表 3.8	ピーク時における交通予測	3-7
表 3.9	駅毎日乗降旅客数(全線開通ケース)	3-9
表 3.10	駅毎日乗降旅客数(部分開業ケース)	3-9
表 3.11	需要予測の結果	3-11
表 3.12	需要予測の結果～第4橋(台/日)	3-12
表 5.1	段階評価と係数	5-2
表 5.2	ルート選定比較結果	5-3
表 5.3	1回目のシステム選定表	5-4
表 5.4	システム選定表	5-5
表 6.1	ボーリング結果に基づいて決定した支持層	6-4
表 6.2	プロジェクト路線上の公共サービス施設と関連当局	6-4
表 6.3	駅位置	6-6
表 7.1	主要仕様諸元	7-3
表 7.2	運転所要時間及び表定速度(全14駅開業後)	7-6
表 7.3	ピーク時運転計画(東側区間・西側区間別)	7-7
表 7.4	必要車両数算出結果	7-7
表 7.5	終日運転本数・運転ヘッド算出結果(2020-2050年)	7-8
表 7.6	Axle Loads	7-13
表 7.7	AFCゲートの設置台数	7-19
表 7.8	交通結節点整備概要	7-23
表 7.9	信号システムのコンセプト概要	7-32
表 7.10	設計規準	7-34
表 8.1	用地取得用地概要	8-1
表 8.2	積算条件	8-2
表 8.3	事業費	8-3
表 8.4	コンサルティングサービス	8-7
表 8.5	土木工事工程案	8-8
表 8.6	建設工程	8-9
表 8.7	工程表	8-9
表 8.8	事業スキーム代替案の比較	8-12
表 9.1	3号線要員数算出結果(第1期開業区間)	9-3
表 9.2	線路設備・構造物及び駅設備に係る維持管理(検査・修繕)の概要	9-4
表 9.3	電気設備に係る維持管理(検査・修繕)の概要	9-4
表 9.4	維持管理経費のまとめ	9-5
表 10.1	本スクリーニングにおける橋梁計画の前提条件	10-1
表 10.2	代替案候補毎の適用支間長及び最大支間長	10-2
表 10.3	選定した代替案及び選定理由	10-2

表 10.4	本スクリーニングに適用した橋梁形式の諸元.....	10-4
表 10.5	スクリーニングの評価項目と重みづけ.....	10-5
表 10.6	本スクリーニングの評価クライテリア.....	10-6
表 10.7	評価結果.....	10-7
表 10.8	路面数検討結果概要表.....	10-9
表 11.1	支承物件への対応方針の区分.....	11-2
表 11.2	交差条件(東側取付道路区間).....	11-3
表 11.3	航路条件の要点.....	11-3
表 11.4	空域条件の要点.....	11-4
表 11.5	収集資料リスト.....	11-4
表 11.6	縦断勾配と走行速度の比較検討結果概要.....	11-5
表 11.7	Pre-F/S に対する変更提案値.....	11-5
表 11.8	幾何構造基準(概略設計).....	11-6
表 11.9	横断面幅員の標準値(概略設計).....	11-8
表 11.10	概略設計結果の概要.....	11-11
表 11.11	コンセプト・デザイン結果の概要.....	11-12
表 11.12	ランプの設計条件(コンセプト・デザイン).....	11-13
表 11.13	各ケースにおける平均走行速度比較.....	11-15
表 12.1	橋梁概略設計結果概要.....	12-1
表 12.2	橋脚位置及び設定理由(第4パナマ運河橋主橋).....	12-7
表 12.3	断面算定位置及び設定理由(第4パナマ運河橋主橋).....	12-9
表 12.4	解析条件.....	12-14
表 12.5	支間長毎の橋梁形式(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-16
表 12.6	支間長毎の橋梁形式(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-16
表 12.7	計画高さが擦り付く地点(メトロ3号線及び第4パナマ運河橋).....	12-16
表 12.8	橋台位置(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-17
表 12.9	橋脚高さ毎の最適支間長(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-17
表 12.10	橋長及び支間割(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-17
表 12.11	橋台位置(跨道橋).....	12-20
表 12.12	橋長及び支間割(跨道橋).....	12-20
表 12.13	橋台位置(アメリカ橋連絡道路橋).....	12-24
表 12.14	伸縮継手一覧表.....	12-25
表 12.15	支承計画.....	12-26
表 13.1	メトロ3号線との設備比較表.....	13-2
表 13.2	メトロ3号線と設備を共有しない理由.....	13-2
表 13.3	必要な設備一覧表.....	13-3
表 13.4	公共設備添架物一覧.....	13-4
表 13.5	事業対象エリア内の既存設備一覧.....	13-4
表 14.1	関連事業者及び管理範囲.....	14-1
表 14.2	設備運営維持管理者.....	14-1
表 14.3	本事業の対象工事範囲.....	14-2
表 14.4	本事業の概略維持管理計画(土木施設).....	14-5
表 14.5	本事業の概略維持管理計画(設備).....	14-6
表 15.1	上部工架設工法(第4パナマ運河橋主橋).....	15-3
表 15.2	技術的リスクの分析(第4パナマ運河橋主橋上部工架設(アーチ部)).....	15-7
表 15.3	リスク項目及び対応策.....	15-8
表 15.4	施工ヤード面積.....	15-10
表 15.5	積算条件.....	15-12

表 15.6	概算事業費・年間支出計画(主橋架設時に航路を利用できる場合)	15-14
表 15.7	概算事業費・年間支出計画(主橋架設時に航路を利用できない場合)	15-15
表 15.8	概算事業費	15-16
表 15.9	概算運営維持管理費(100年)(2013年価格)	15-16
表 16.1	アーチ橋概略設計結果の概要(本調査)	16-2
表 16.2	斜張橋概略設計結果の概要(Pre-F/S案)	16-3
表 16.3	リスクコスト(第4パナマ運河橋主橋)	16-5
表 16.4	本調査推奨案とPre-F/S案の比較案(調整後)	16-6
表 16.5	本調査推奨案とPre-F/S案の比較結果.....	16-7
表 17.1	本事業の対象工事範囲.....	17-1
表 18.1	事業によるCO ₂ 排出の削減量	18-1
表 18.2	運用指標	18-1
表 18.3	経済分析の対象.....	18-2
表 21.1	本事業の概算事業費.....	21-2

図一覧

図 1.1	調査対象地域	1-3
図 2.1	パナマの年次 GDP(USD)	2-1
図 2.2	都市化地域図	2-2
図 2.3	メトロ計画	2-3
図 2.4	朝ピーク時におけるパンアメリカン道路混雑状況	2-4
図 2.5	車両登録台数の年次推移	2-4
図 3.1	交通ゾーニングシステム	3-4
図 3.2	OD 表作成フロー	3-5
図 3.3	ピーク方向における区間交通量	3-8
図 5.1	3号線代替ルート図	5-1
図 5.2	レーダチャートによるモノレールと MRT の比較	5-6
図 6.1	3号線路線概要	6-1
図 6.2	路線前半部地形状況と写真	6-2
図 6.3	路線後半部地形状況及び写真	6-3
図 7.1	車両外形寸法と座席配置 (Long Seat Type)	7-2
図 7.2	座席配置 (Semi-cross Seat Type)	7-2
図 7.3	主要機器配置	7-4
図 7.4	3号線 (部分開業案:第1期) 概略配線図	7-5
図 7.5	PC 桁の断面図 (L=25m)	7-10
図 7.6	鋼桁橋の断面図 (L=50m)	7-10
図 7.7	モノレール橋脚の標準横断面図	7-11
図 7.8	門型橋脚の標準横断面図	7-11
図 7.9	モノレールの分岐器橋の断面図	7-12
図 7.10	軸配置	7-13
図 7.11	駅断面図 (プラットホーム階)	7-16
図 7.12	駅部道路断面図	7-16
図 7.13	駅平面レイアウト図	7-17
図 7.14	PSD システムの概略構成	7-18
図 7.15	格納式フラップタイプのコントロールゲートの例	7-18
図 7.16	Major Interchange Station 整備イメージ(案)	7-21
図 7.17	Exchange Station 整備イメージ(案)	7-21
図 7.18	Park & Ride Station 整備イメージ(案)	7-22
図 7.19	交通結節点整備に伴う土地取得予定地	7-22
図 7.20	車両基地候補地	7-24
図 7.21	車両基地のレイアウト	7-25
図 7.22	車両工場のレイアウト	7-26
図 7.23	送電系統計画図	7-29
図 7.24	き電系統図	7-30
図 7.25	架空地線の設置案と保護範囲	7-31
図 7.26	信号システムの概略構成図	7-33
図 7.27	都市交通 3号線の配線略図	7-33
図 8.1	PC 軌道桁架設工	8-5
図 8.2	クレーンによる架設と桁運搬架設機	8-5
図 8.3	作業車	8-6
図 8.4	実施計画	8-14
図 9.1	モノレール運営維持管理組織体制図の一例(提案)	9-2

図 9.2	維持管理経費及び要員数の推移.....	9-5
図 10.1	重みづけの円グラフ.....	10-5
図 10.2	レーダーチャート(評価結果).....	10-7
図 11.1	本調査における道路設計対象の位置図.....	11-1
図 11.2	平面図(概略設計).....	11-10
図 11.3	縦断面図(概略設計).....	11-10
図 11.4	土工部(6車線)の標準横断面図(概略設計).....	11-10
図 11.5	擁壁部(4車線)の標準横断面図(概略設計).....	11-10
図 11.6	東側地域のレイアウト図(コンセプト・デザイン).....	11-13
図 11.7	西側地域のレイアウト図(コンセプト・デザイン).....	11-14
図 11.8	マイクロシミュレーション使用ネットワーク(現況および将来).....	11-15
図 12.1	SBHS500材相当の適用箇所.....	12-4
図 12.2	標準断面図(第4パナマ運河橋主橋).....	12-6
図 12.3	支間割(第4パナマ運河橋主橋).....	12-8
図 12.4	断面算定位置図(第4パナマ運河橋主橋).....	12-9
図 12.5	断面図(第4パナマ運河橋主橋).....	12-10
図 12.6	下部・基礎工設計結果(第4パナマ運河橋主橋)(1/2).....	12-12
図 12.7	アーチリブと補剛桁交差部モデル化.....	12-14
図 12.8	解析モデル.....	12-14
図 12.9	FEM解析結果(CASE 3:死荷重+Y方向地震荷重).....	12-15
図 12.10	西側取付橋 No.2 支間割計画.....	12-18
図 12.11	標準断面図(第4パナマ運河橋取付橋).....	12-18
図 12.12	ラーメン式橋脚断面図(第4パナマ運河橋取付橋(一体区間)).....	12-19
図 12.13	張出式橋脚断面図(第4パナマ運河橋取付橋(分離区間)).....	12-19
図 12.14	跨道橋 No.1 支間割計画.....	12-21
図 12.15	跨道橋 No.2-1 支間割計画.....	12-21
図 12.16	跨道橋 No.2-2 支間割計画.....	12-21
図 12.17	標準断面図(跨道橋).....	12-22
図 12.18	張出式橋脚断面図(跨道橋).....	12-23
図 12.19	標準断面図(アメリカ橋連絡道路橋).....	12-24
図 12.20	張出式橋脚断面図(アメリカ橋連絡道路橋).....	12-25
図 13.1	受電設備の設置位置.....	13-3
図 13.2	気象観測設備の設置位置.....	13-4
図 14.1	本事業の路線図.....	14-2
図 14.2	本事業の運営維持管理体制図.....	14-4
図 15.1	工事区間.....	15-2
図 15.2	主橋の架設手順(航路利用有の場合).....	15-3
図 15.3	アーチ部架設計画図(台船吊上架設).....	15-5
図 15.4	補剛桁部断面中央部架設計画図(張出架設).....	15-5
図 15.5	補剛桁部断面張出部架設計画図(張出架設).....	15-6
図 15.6	アーチ部架設計画図(ケーブルクレーン架設(斜吊併用)).....	15-6
図 17.1	メトロ3号線整備事業との仕分け(案).....	17-2
図 17.2	事業実施体制図.....	17-3
図 17.3	事業実施スケジュール(航路を利用できる場合).....	17-6
図 17.4	事業実施スケジュール(航路を利用できない場合).....	17-7
図 18.1	運賃収入の予測.....	18-3
図 20.1	本事業におけるSBHSの適用箇所(第4パナマ運河橋主橋).....	20-2

略語表

Abbreviation	正式名称
AASHTO	米国全州道路交通運輸行政官協会
ABEI	中米経済統合銀行
ACP	運河庁
AFC	自動料金収集システム
AGT	新交通システム
AMP	パナマ海事局
ANA	国内関税庁
ANAM	国家環境局
ANAPYME	中小企業局
ANATI	国土地理院
AP	オートピスタ
ARAP	パナマ水資源局
ASCE	米国土木学会
ASTER	資源探査用光学センサー
ATO	自動列車運転機能
ATP	自動列車保護システム
ATS	自動運転監視システム
ATTT	陸運交通局
AVM	自動券売機
B/D	基本設計
BBA	英国銀行協会
BP	起点
BRT	バス高速輸送交通
BTN	基幹伝送ネットワーク
CAF	ラテンアメリカ開発銀行
CBTC	移動閉塞方式
CCR	中央機器室
CCTV	閉鎖回路テレビ
CDM	クリーン開発メカニズム
CELADE	ラテンアメリカ統計センター
CGP	政府会計局
CO2	二酸化炭素
COD	化学的酸素要求量
CPS	パートナーシップ戦略
CTC	列車集中制御
D/D	詳細設計
DC	直流
DDR	デュー・ディリジェンス・レポート
E&M	電気及び機械
EED	緊急脱出ドア
EIA	環境影響評価
EIB	欧州投資銀行

EIRR	経済的内部収益率
EL	標高
EMP	環境管理費
ENA	国営道路公社
EP	終点
ESAL	等価単軸荷重
ESIA	環境社会影響評価
ESMP	環境社会管理計画
F/S	協力準備調査
FC	外貨
FEM	有限要素法
FHWA	米国連邦道路管理局
FIRR	財務的内部収益率
FP	固定スクリーン
GDP	国内総生産
GIS	地理情報システム
GOP	パナマ政府
GPS	全地球測位網
HDI	人間開発指数
HDM	ハイウェイ・デザイン・アンド・メンテナンス・スタンダード・モデル
IALA	国際航路標識協会
IBRD	国際復興開発銀行
IC	集積回路
ICB	国際競争入札
IDB	米州開発銀行
IDC	建中金利
IDDAN	上下水道局
IEC	統合電気制御
IEE	初期環境影響評価
IL	インターロックシステム
INEC	国内統計センサス機関
IP	インターネットプロトコル
IR	誘導無線
ITBMS	消費税
IUCN	国際自然保護連合
JICA	国際協力機構
JIS	日本工業規格
LC	内貨
LCC	ライフ・サイクル・コスト
LCD	液晶ディスプレイ
LCX	漏洩同軸ケーブル
LF	長波
LIBOR	ロンドン銀行間取引金利
LMA	列車位置データ

LRFD	荷重抵抗係数設計法
LRT	路面電車
Maglev	磁気浮上
MEF	経済財務省
METI	経済産業省
MIDES	社会開発省
MITRADEL	労働開発省
MLWS	朔望平均干潮面
MOP	公共事業省
MRT	大容量高速輸送交通
MSD	マニュアルセカンダリドア
NPV	現在価値
O&M	運営及び維持管理
OCC	中央指令所
OD	出発地と目的地
OSHA	労働安全衛生庁
P/Q	事前資格審査
PA	パンアメリカン道路
PAS	旅客放送システム
PC	プレストレストコンクリート
PCDP	住民協議・公開計画
PCRC	パナマ運河鉄道
PGA	表面最大加速度
PHPDT	ピーク時の1方向の乗客数
PIDS	旅客情報表示システム
PIS	旅客情報システム
PPIAF	民活インフラ助言ファシリティ
PPP	官民協調
Pre-F/S	プレ・フィージビリティ・スタディ
PSC	パブリック・セクター・コンパレーター
PSD	プラットフォームスクリーンドア
PTS	ペンタックス・トータル・ステーション
PVC	ポリ塩化ビニル
PWS	パラレル・ワイヤ・ストランド
RAP	住民移転計画
RC	鉄筋コンクリート
REP	パナマ国建設基準
RoW	公用用地
RQD	岩盤良好度
RSS	受電変電所
S&C	信号通信機器
SBHS	橋梁用高降伏点鋼材
SCADA	遠方制御装置
SCR	駅機器室

SDH	同期デジタルハイアラキー
SFRL	社会・財政責任法
SIV	補助電源装置
SMP	メロ庁
SP	選好意識
SPF	潜在価格係数
SPT	標準貫入試験
SR	空間波無線
SRAP	戦略的住民移転計画
STM	同期転送モジュール
TD	列車検知システム
TOM	チケット事務室機
ToR	業務指示書
TSS	送電変電所
TTC	旅行時間費用
TVM	切符自動販売機
UABR	返還領土管理機構
UAS	セクター別環境局
UHF	極超短波
UTM	ユニバーサル横メルカトル図法
UTO	無人運転
VCR	縦断曲線半径
VFM	バリュー・フォー・マネー
VHF	超短波
VOC	車両維持費
VOT	時間価値
VVVF	可変電圧可変周波数制御
WACC	加重平均資本コスト
WGS84	世界測地系 84 (1984)

第1章 事業の概要

1.1 調査の背景

パナマ共和国の首都パナマシティ及びその周辺地域は、近年における経済の高成長を背景に自動車数が急増しており、このため渋滞問題が年々悪化している。パナマ政府は、都市交通問題解決のため2009年にメトロ庁（SMP）を大統領直轄の組織として設立し、4路線からなる都市交通網計画を策定した。1号線、2号線、及び4号線は運河の東側に位置するパナマ市内に計画され、今回調査対象となる都市交通3号線はパナマ運河を越え、西側地域とパナマ市内を結ぶ路線である。

近年、運河の西側にあたるアライハン、ラ・チョレラでは人口が急増しており、これら地域とパナマ市を結ぶ道路の混雑が深刻な問題となってきた。このため、パナマ政府は2号線の準備と平行して運河西側とパナマ市を結ぶ3号線の計画も進めている。

上記のような状況の下、2012年、我が国の経済産業省（METI）により3号線の調査が実施された。調査結果ではモノレールシステムを3号線に導入し、パンアメリカン道路とオートピスタ高速道路を通過して運河西側の需要をカバーすることが提案されている。

一方、パナマ政府は現在のアメリカ橋に並行して第4パナマ運河橋を建設する予定である。第4パナマ運河橋については、パナマ運河庁（ACP）によるPre-F/S調査が2012年から実施されている。都市交通3号線は第4パナマ運河橋に併設する事が合理的であり、パナマ政府は第4パナマ運河橋の建設計画に都市交通3号線の軌道空間を確保する意向である。

以上の背景から、2013年3月にメトロ庁と国際協力機構との間で都市交通3号線のF/S調査実施についての合意がなされ、2013年7月より本調査が開始された。3号線がパナマ運河を渡河する区間については、上述の通りパナマ国政府が調査を進めている第4パナマ運河橋を利用する計画となっており、その区間の検討については当初本調査のスコープには含まれていなかった¹。その後、パナマ政府から第4パナマ運河橋についても円借款事業として形成したい旨の方針が示されたため、2013年7月12日の外務省ミッションにおいてパナマメトロ庁長官と日本側の間で協議が行なわれ、第4パナマ橋についても日本側において調査を実施する旨合意された。上記背景より、JICA技術支援の下、2013年9月より第4パナマ運河橋建設事業に係る調査も開始された。

1.2 事業の範囲

本事業はヌエボ・アライハンから第4パナマ運河橋を通りアルブルックに至る大量輸送公共交通システム及び第4運河橋に関する以下の項目が対象である。

- 土木工事（駅、軌道、車両基地、フィーダーバス乗換施設を含む。）
- E&M（電力供給、信号・通信、管制、その他）
- 車両
- コンサルティングサービス

¹ METI調査の中でもパナマ運河渡河については第4橋の建設を前提としていた。

1.3 調査の目的

1.3.1 都市交通3号線

調査の目的は以下の通りである。

- メトロ3号線の必要性・妥当性の検討
- メトロ3号線の概略設計・事業費積算等を含むフィージビリティ調査
- パナマ首都圏東西交通軸の強化に向けた最適案の検討

1.3.2 第4パナマ運河橋

パナマ運河庁が実施した Pre-F/S は斜張橋を前提としているが、主橋タイプの比較選定は行われていない。

本調査の主目的は以下の通りである。

- Pre-F/S のレビュー
- 第4パナマ運河橋における主橋タイプの代替案比較
- 比較結果に基づく主橋と接続部の概略設計
- プロジェクト範囲の特定
- 事業費の算定
- 第4パナマ運河橋における Pre-F/S と本調査で提案する主橋タイプの比較
- プロジェクト評価に関する報告書作成

1.4 調査の範囲

本調査の範囲は、以下の国際協力機構とパナマ政府の間で署名された覚書の通りである。

- 都市交通3号線調査に係る覚書（2013年3月20日）
- 都市交通3号線調査に係る覚書（2013年7月11日）
- 第4パナマ運河橋調査に係る覚書（2013年9月3日）
- 第4パナマ運河橋調査に係る修正覚書（2013年12月6日）

上記覚書に基づく、本調査範囲の概要を以下に示す。

- 事業の背景と必要性の確認
- 交通需要予測の実施
- 現在実施中の Pre-F/S のレビュー及び追加調査の実施
- 事業のフレームワークの提案
- 環境社会配慮の支援
- 事業効果の検証
- 事業実施・運営に係る提言

1.5 調査対象地域



出典：調査団

図 1.1 調査対象地域

1.6 作業工程

本調査は2013年6月末に始まり、2013年7月にインセプションレポートを、2013年11月にインテリムレポートを提出している。なお、2013年8月に第4パナマ運河橋に係るスコープの追加、環境影響評価等に係る追加契約を2014年2月および4月に締結、2014年の8月に本調査は終了した。

第2章 事業の必要性

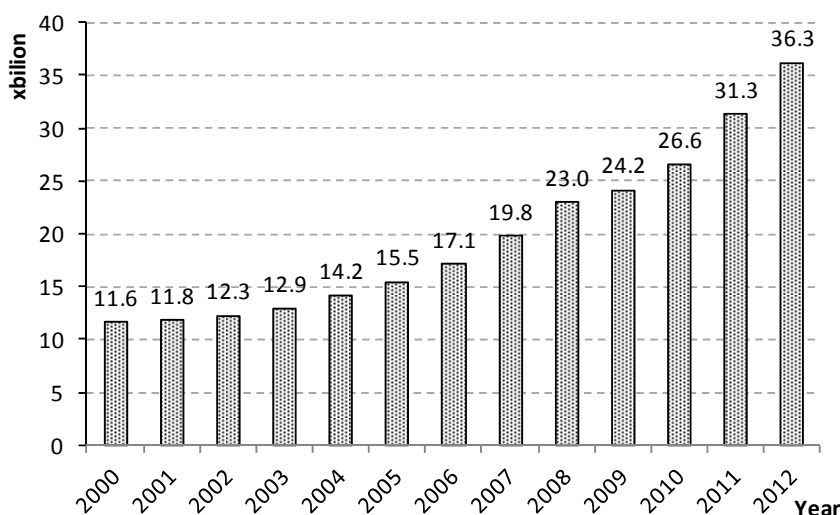
2.1 都市交通の現況と課題

2.1.1 社会経済状況と都市開発

(1) 社会経済状況

パナマは中央アメリカの南側の国で北アメリカと南アメリカを接続している。コスタリカと西側で接し、コロンビアとは南側で接している。首都はパナマシティである。パナマは太平洋と大西洋を繋ぐ有名なパナマ運河を有する。

パナマの GDP は 360 億ドルで年間 10.8% の経済成長を続けている高中所得国である。図 2.1 に示すように、近年のパナマの経済は急成長しており、名目 1 人当たり GDP は 9,850 ドルでコスタリカを 2012 年に追い越している。



出典：世界銀行データベースを元に調査団作成

図 2.1 パナマの年次 GDP(USD)

パナマの総人口は 340 万人で、首都圏（パナマ市、サン・ミゲリート、アライハンおよびラ・チョレラ）の人口は 170 万人である。表 2.1 に示す通り、総人口の 51% がパナマ首都圏に集中している。過去 10 年間の人口増加率は年率 1.84% である（国勢調査, 2010）。人口の増加と首都圏への集中と車両数の増加により深刻な交通混雑を引き起こしている。

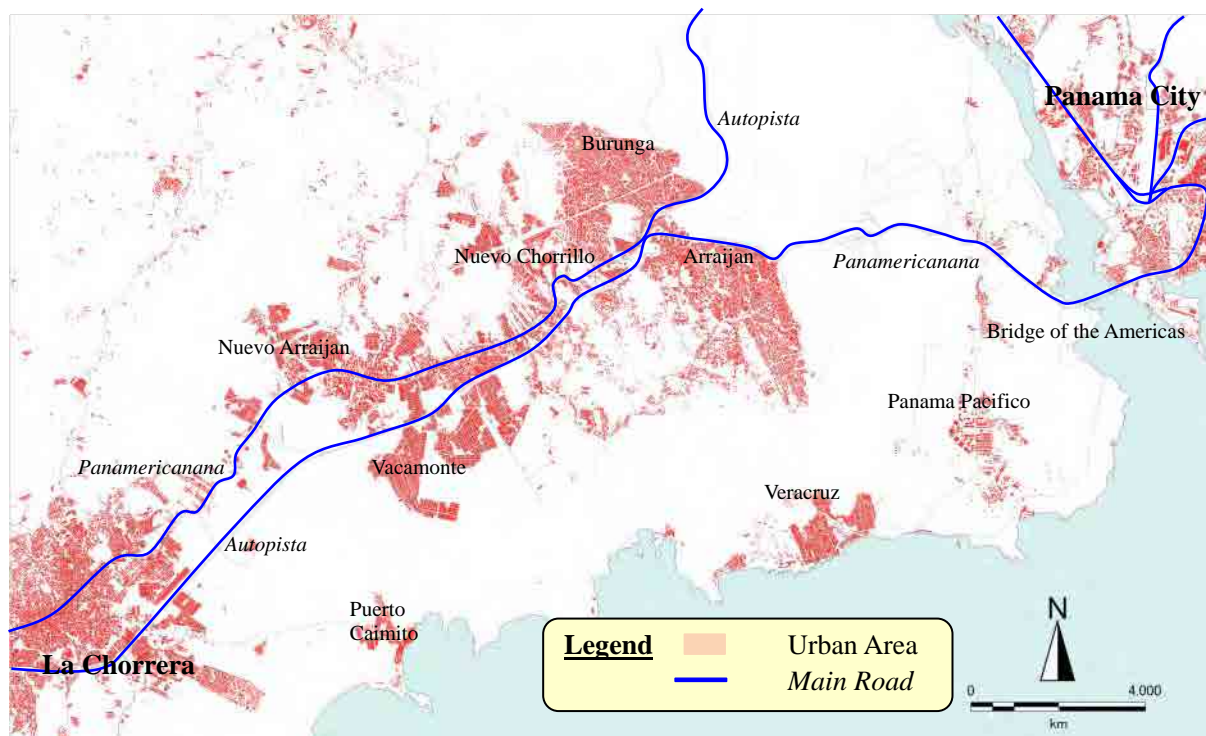
表 2.1 パナマにおける人口内訳

地域	2010 年人口	構成比
パナマ首都圏	1,723,284	51%
アライハン区	230,311	13%
ラ・チョレラ区	167,799	10%
パナマ区	989,100	57%
サン・ミゲリート区	336,074	20%
その他 s	1,682,529	49%
パナマ全国	3,405,813	100%

出典：調査団

アライハン区における主要産業は漁業であり、ラ・チョレラ区の主要産業はパイナップル栽培や養豚などの畜産業が中心である。しかし、居住者の主要な雇用先はパナマ市内であるため、運河西側とパナマ市とを接続する公共交通の充実が望まれる。

ラ・チョレラとアライハン区はパンアメリカン道路を軸として市街化してきた。さらに、オートピスタ沿線についても、図 2.2 に示すとおり近年は市街化が進んでおり、ブルンガ、アライハン、またはバカモンテなどのいくつかの地域については幹線道路と垂直に市街地が広がっている。



出典：調査団

図 2.2 都市化地域図



写真：メトロ庁

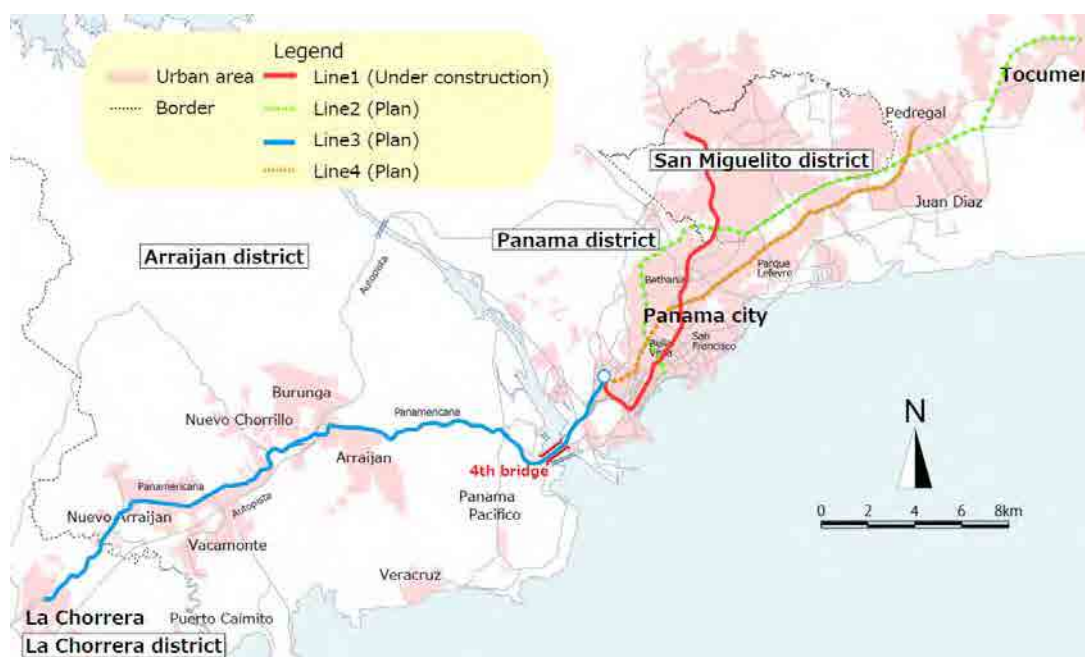
パナマ運河西側に位置するパナマ・パシフィコでは将来都市開発計画が持ち上がっている。ここにはハワード空港が存在するが、現在ではチャーター機のみが使用している。マスタープランによれば、本地域は20,000人の住居と40,000人の雇用者を計画している。

2.1.2 交通網

パナマ運河に架かる橋には、太平洋側に位置するアメリカ橋（4車線）と、河口から約15km北に位置するセンテナリオ橋がある。アメリカ橋は、パンアメリカン道路の一部を成しており、アライハンとラ・チョレラの市街地とパナマの中心市街地を結んでいる。センテナリオ橋はオートピスタという名称の高速道路の一部で、市の北部を大きく迂回して運河西部と東部を結んでいる。パナマ市内にはノルテ道路とスル道路の二つの高速道路が通っている。ノルテ道路の起点にはアルブルックターミナルがあり、向い側には1号線の駅が位置する。アルブルックターミナルの南側には複雑な形状のラウンドアバウトが位置している。

2.1.3 公共交通

パナマ市内には4本のメトロ（軌道系都市交通システム）導入が計画されており、2014年4月に延長13.7kmのメトロ1号線が開業した。対象地域では従来、ディアブロ・ロホと呼ばれるバス（米国スクールバスの中古）が運行されていたが、パナマ市内では2010年からメトロバスと呼ばれる近代的なバスが導入された。アライハン、ラ・チョレラではメトロバスは導入されておらず、現在もディアブロ・ロホが運行されている。バスではサービスが不足しているため、タクシーやピラタと呼ばれる非公式の乗合タクシーが運行されている。



出典：メトロ庁の計画を参考に調査団作成

図 2.3 メトロ計画

2.1.4 都市交通の現況と問題点

都市機能が集中するパナマ市内においては、朝夕の通勤時間帯だけではなく、その他の昼間の時間帯でも深刻な交通渋滞が発生している。道路混雑に悩まされているのはパナマ市だけではなく、パンアメリカン道路、特にアメリカ橋とアライハンの間における朝夕のピーク時間帯についても同様である。図 2.4 に示されているように、この区間のピーク時間帯では、片側2車線では容量が不足し、路側帯を走行する車両が後を絶たない。

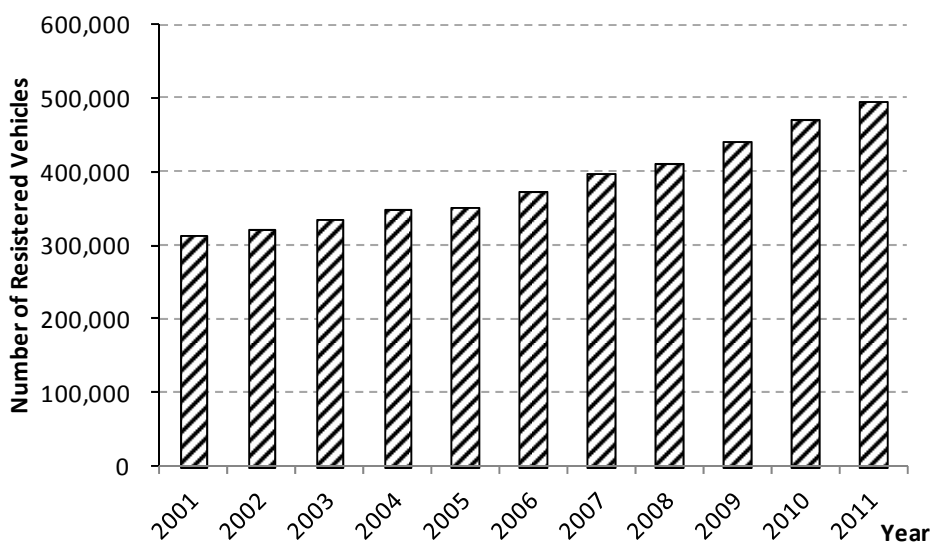


出典：調査団

図 2.4 朝ピーク時におけるパンアメリカン道路混雑状況

パナマ市には機能的なバス交通システムが整備されているが、バスは時刻表に従って運行されていない。もしそうだとすると、一般車とバスの交通混雑により、ピーク時には旅客が乗りきれない場合が多く発生している。従い、出勤時に定刻に間に合うために朝は一般的に2時間またはそれ以上の通勤時間がかかることを1時間早く自宅を出発しなければならない。

上記の都市交通の問題に加えて、図 2.5 のとおりパナマでは自家用車の数が毎年増加していることも問題である。一方で、パナマ市とアライハンやラ・チョレラ間のバスの頻度は低い。これは自家用車の数を増やしている原因の一つであると考えられる。



出典： INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censo - Panamá

図 2.5 車両登録台数の年次推移

2.2 都市交通部門の政策・事業

現在、パナマで進められている都市交通部門の政策・事業は以下の通りである。

- 運河拡張事業
- 大西洋橋（第3橋）
- 1号線プロジェクト
- 2号線事業

2.3 他援助機関、民間資金による都市交通セクター及び道路セクター支援動向

パナマ政府への主な援助機関には、Inter-American Development Bank (IDB)、Development Bank of Latin America (CAF)、International Bank for Reconstruction and Development (IBRD)、European Investment Bank (EIB)、Central American Bank for Economic Integration (CABEI)があり、中でも最大の援助機関である IDB からの融資は、2012 年時点で政府の対外債務残高の 12%、国際金融機関からの借入残高の 65%と突出している。表 2.2 は、2008 年から 2012 年の 5 年間で各援助機関がパナマへの融資を承認した金額の累計であり、CAF が 19.89 億ドルと最も多く、内、交通・運輸セクターへは約 9 億ドルと IDB の 2 倍近い融資を決めている。

民間資金については、パナマ運河拡張事業に対して多く活用されており、道路セクターにおいても一部民間主導で整備しているケースがある。

表 2.2 援助機関別過去 5 年間の対パナマ融資承認金額（累計）

（単位：万ドル）

	IDB	CAF	IBRD	EIB	CABEI
承認金額	159,369	198,930	51,600	71,100	2,500
案件数	33	20	8	2	1
内、交通・運輸セクター承認金額	47,000	90,600	0	0	0
同案件数	2	4	0	0	0

出典：各機関 HP

2.4 第 4 橋及び都市交通 3 号線事業の必要性

2.4.1 運河を横断する交通施設整備の必要性

パナマ首都圏（パナマ、サン・ミゲリート、アライハン、ラ・チョレラ）の人口は現在 172 万人（2010 年）で、2020 年には 217 万人、2050 年には 287 万人に達すると推計されている（第 3 章）。このうち、アライハンとラ・チョレラ両区の現在人口は合計 39.8 万人（2010 年）で、2020 年には 55.3 万人になり、2050 年には 77.8 万人に達すると推計されている。パナマ首都圏では自動車が発達を急激な普及を見せており、運河西側の対象地域においては、上の写真のように自動車利用を前提とした郊外型の住宅地開発が活発である。これらの事から、郊外住宅地としての運河西側地域と、商業業務地域としての運河東側を結ぶ交通量は増加を続けると予想される。

現在、建設後 52 年を経過したアメリカ橋と前後のアクセス道路は増加を続ける交通需要をカバーしきれずに毎日激しい渋滞を引き起こしている。今後、この混雑は激化する一方であり、運河を横断する交通施設を整備する事は、運河西側地域の発展のために不可欠である。このような背景から、パナマ国政府はアメリカ橋に隣接する新たな運河横断橋の建設と、都市交通システムの建設を計画している。以下、これら交通施設整備の必要性・妥当性について記述する。

2.4.2 第 4 運河橋事業の必要性

第 4 橋は以下の 4 点から必要である。

- ① ポスト・パナマックス船舶への対応
- ② パナマ運河を横断する道路交通容量の拡大
- ③ 都市交通3号線建設
- ④ アメリカ橋の代替

2.4.3 都市交通3号線の必要性

3号線は以下の観点から必要である。

- ① 運河西側の道路混雑緩和
- ② 公共交通サービスの改善
- ③ 公共交通の利用促進

2.5 代替案の評価

第4橋と3号線の両事業を実施する妥当性を確認するため、以下に示すように代替案を評価した。なお、3号線事業としてはモノレールが選択されたが、この妥当性については第5章にて記載している。

代替案	評価
「事業なし」	運河西側の地域開発が停滞するとともに、交通混雑による経済損失やCO2排出による環境問題が継続する。
都市交通3号線の単独整備	一時的に混雑解消の効果は期待できるが、増大する交通需要のため、アメリカ橋の混雑は再度激化すると予想される。
トンネル案	橋梁案と比較して運河への景観への影響が無い等の利点はあるが、建設費用が増大する。
第4橋と都市交通3号線を別々に整備	事業が柔軟になるという利点はあるが、建設費用が増大する。

2.6 結論

本事業は、第4橋と都市交通3号線の建設を一体の事業として実施するものである。事業の目的はパナマ運河の東西を結ぶ交通容量を拡大する事により、アメリカ橋における混雑緩和を図るものである。

パナマ首都圏は中米地域の経済拠点として成長を続けており、パナマ運河の西側地域は首都圏の近郊市街地として発展している。一方で、パナマ運河を東西に結ぶアメリカ橋における交通量が急増し、交通容量の不足により朝夕の混雑が激化しており、首都圏の経済発展にとって阻害要因となっている。このため、パナマ運河を東西に結ぶ交通容量の拡大がパナマ首都圏の経済発展にとって不可欠である。また、現在、運河の西側地域は公共交通が貧弱であり、公共交通利用者はバスやタクシーに依存している状況であるため、自家用車利用が増加し、更なる混雑をもたらす要因となっている。

本事業は、パナマ首都圏において増大する交通需要に応え、渋滞を緩和し運河西側地域の開発を促進するために必要であり、また運河西側地域における公共交通改善及び二酸化炭素排出量削減のためにも都市交通3号線が必要である。

第3章 需要予測

3.1 はじめに

第4橋の需要予測は2013年に運河庁によって実施されている。当初、本調査に第4橋の需要予測は含まれていなかったが、第4橋調査が本調査に追加された事により、第4橋の交通需要予測も本調査で実施する事となった。

本調査における需要予測の予測年次は、2020年、2025年、2030年、2035年、2040年及び2050年であり、基準年次は2013年とする。

3.2 運河庁 Pre-F/S における需要予測

運河庁調査で利用されている OD 表は、「Feasibility Study for the Project Panama Canal Crossing, 2001, 公共事業省（MOP 調査）」から作成されたものである。

運河庁調査の特徴を整理すると、以下の通りである。

- 運河庁調査は2036年までの需要予測であるが、本調査では開業後20年までの需要予測が必要であるため、予測年次が不足している。
- ゾーンの規模が大きすぎるため、本調査で求められている Omar Torrijos ラウンドアバウトの交通シミュレーションに利用出来ない。
- 交通量の増加率を人口増加率のみから推計しており、急速に進んでいる自動車台数の増大を考慮していない。
- 同時に建設される事が前提となっている3号線の扱いが不明である。

3.3 交通調査

本調査では、本調査内で2013年8月13日（水）に実施した交通調査（3箇所）に加え、以下の3つの交通調査結果を利用した。

- 1) METI F/S: 2012年8月9日（木）
- 2) 運河庁¹: 2012年10月23日（火）
- 3) ATTT: 2013年7月8日（月）～14日（日）

METI 調査の交通調査では、車両はセダン・バス・トラック3種類に分類され、タクシーはセダンに含まれている。運河庁の調査ではバスとトラックは同じ分類で数えられている。運河庁調査と ATTT のデータは本調査開始後に入手できたものである。

なお、本調査では、3箇所での交通量調査に加え、以下の調査を実施した。

- 旅客 OD 調査
- 選好意識調査
- 旅行時間調査

¹ Studies and Preliminary Design for a New (Fourth) Bridge over the Panama Canal at the Pacific Side

3.4 社会経済フレームワーク

3.4.1 経済成長率

本調査において、経済成長率の設定は自動車保有率とトラック交通量の将来推計に利用されている。本調査では、IMFの想定を2013-2018の経済成長率として採用し、2018年以降の経済成長率については、次のように仮定した。すなわち、5.0%（2019, 2020）、4.0%（2021-2030）、3.0%（2031-2040）、及び2.0%（2041-2050）である。この仮定では、パナマの2050年のGDPは2012年の4倍になり、一人当たりGDPは約2.7倍となり、現在の先進国と同水準となる。

3.4.2 人口推計

現在、アライハンとラ・チョレラ区の人口は2010年の国勢調査ではそれぞれ230,000人と168,000人で、両区の合計は398,000人である。首都圏（パナマ、サン・ミゲリート、アライハン及びラ・チョレラ）の人口は合計170万人である。

国家統計センサス局（INEC）は、パナマの人口について、2020年までの区レベルの予測値を推計している。調査対象地域の2050年までの人口を推計するにあたっては、INECの人口推計と同じ手法を採用した。高位推計では、西部地域（アライハンとラ・チョレラ）の2050年の人口は、2010年の人口の1.9倍となる778,000人になると推計された。

表 3.1 将来人口推定

High Case						
Year	Panamá	San Miguelito	Arraijan	La Chorrera	Subtotal	Metropolitan
2010	989,100	336,074	230,311	167,799	398,110	1,723,284
2015	1,109,286	362,484	287,329	197,659	484,988	1,956,758
2020	1,231,582	390,810	333,072	219,971	553,043	2,175,435
2025	1,324,951	413,951	373,677	239,373	613,050	2,351,952
2030	1,399,486	437,855	403,452	253,486	656,938	2,494,279
2035	1,462,119	458,500	431,054	266,288	697,342	2,617,961
2040	1,514,134	476,896	453,973	277,659	731,632	2,722,662
2045	1,555,295	493,774	471,981	287,124	759,105	2,808,174
2050	1,584,017	506,836	484,499	293,927	778,426	2,869,279
Growth Rate						
2010-15	2.3%	1.5%	4.5%	3.3%	4.0%	2.6%
2015-20	2.1%	1.5%	3.0%	2.2%	2.7%	2.1%
2020-25	1.5%	1.2%	2.3%	1.7%	2.1%	1.6%
2025-30	1.1%	1.1%	1.5%	1.2%	1.4%	1.2%
2030-35	0.9%	0.9%	1.3%	1.0%	1.2%	1.0%
2035-40	0.7%	0.8%	1.0%	0.8%	1.0%	0.8%
2040-45	0.5%	0.7%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%
2045-50	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.4%

出典：調査団

3.4.3 自動車保有

将来のパナマにおける自動車保有率は回帰分析により推計された。その結果を表 3.2 に示す。パナマにおける自動車保有率は、2050年には現在の2.08倍になると推計された。

この推計でもパナマにおける 2050 年の人口 1000 人あたり自動車台数は 306 台であり、先進国の数値よりまだ低い。

表 3.2 住民 1,000 人当たりの車両数（推定）

Year	Population ('000)	No. of vehicles ('000)	No. of vehicles per 1000	Ratio to
				2013
2013	3,851	566	146.9	1.00
2020	4,279	780	182.3	1.24
2030	4,835	1,084	224.3	1.53
2040	5,230	1,407	269.0	1.83
2050	5,507	1,683	305.6	2.08

出典：調査団推計

3.5 需要予測モデル

3.5.1 パナマ運河を通過する交通

朝ピーク時、ピーク方向におけるパナマ運河を渡る旅客数（公共交通）は交通量調査の結果から 10,653 人（5:00-6:00）、6,453 人（6:00-7:00）および 6,792 人（7:00-8:00）と推定される。センテナリオ橋を通るバスの交通量は 17 台（2012 年）で少なく、旅客数は 935 人（1 台あたり 55 人と仮定）と指定される。表 3.3 は運河西側から東側への推定旅客数を、表 3.4 は東側から西側への推定旅客数を示す。

表 3.3 西から東への推定旅客量

Time	Public					Private	
	Vehicles		Passengers			Car	
	Bus	Taxi	Bus 45/bus	Taxi 3/taxi	Total	Vehicles	Passengers 1.5/car
5:00-6:00	210	401	9,450	1,203	10,653	2,018	3,027
6:00-7:00	124	291	5,580	873	6,453	2,362	3,543
7:00-8:00	144	104	6,480	312	6,792	1,647	2,471
2 hour (5-7)	334	692	15,030	2,076	17,106	4,380	6,570
2 hour (6-8)	268	395	12,060	1,185	13,245	4,009	6,014
Peak Centenario	23	-	1,265	-	1,265	2,946	4,419
Peak (2 hour)					18,371		10,989

注記：大型バス（座席数 55）は COTRANS の別調査によると同地点で 50%程度であった。一般に、小型バスの座席数は 35 であるため、平均収容人数は 45 (55*0.5+35*0.5)により算出した。

出典：交通量調査（2013 年 8 月）,調査団

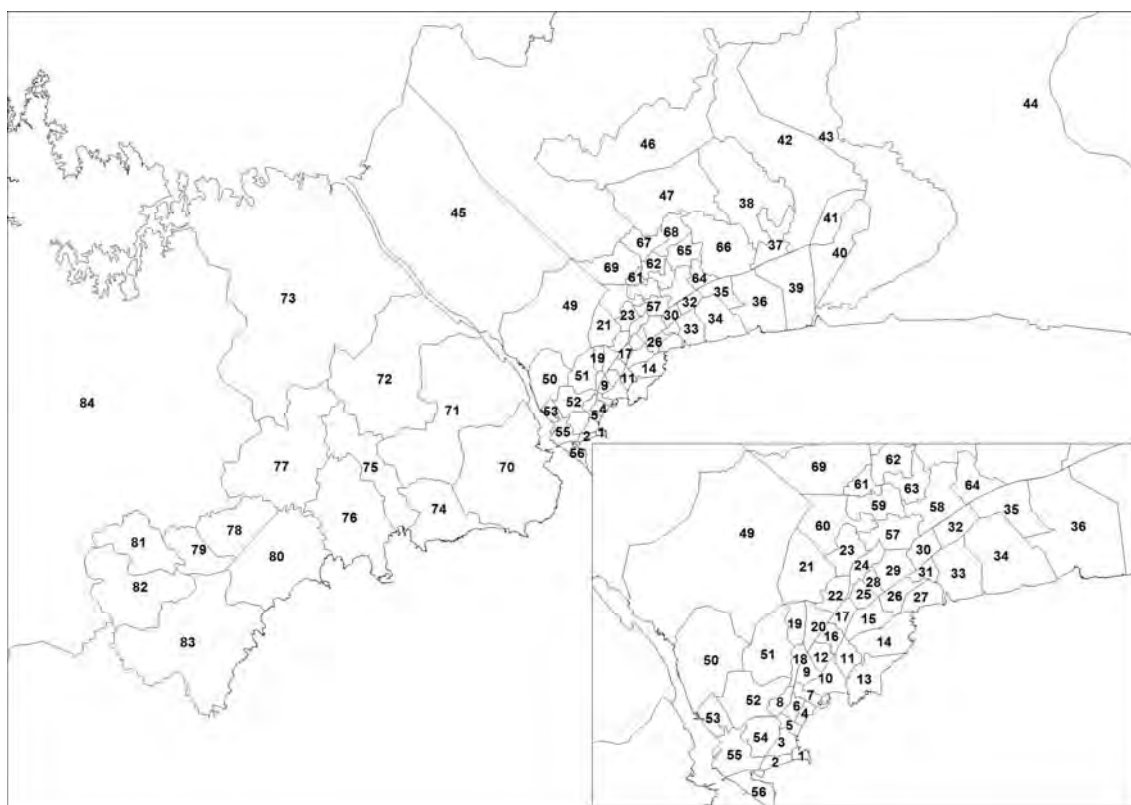
表 3.4 東から西への推定旅客量

Time	Public					Private	
	Vehicles		Passengers			Car	
	Bus	Taxi	Bus 45/bus	Taxi 2/taxi	Total	Vehicles	Passengers 1.5/car
5:00-6:00	37	194	1,665	388	2,053	194	291
6:00-7:00	82	33	3,690	66	3,756	354	531
7:00-8:00	97	72	4,365	144	4,509	571	857
2 hour (5-7)	119	227	5,355	454	5,809	548	822
2 hour (6-8)	179	105	8,055	210	8,265	925	1,388
Peak Centenario	8	-	440	-	440	433	650
Peak (7-8)					4,949		1,506

出典：交通量調査（2013年8月）,調査団

3.5.2 OD表

本調査で利用したOD表は、午前ピーク2時間のOD表で、2009年にメトロ庁が作成したOD表を補正して作成された。メトロ庁が作成したODは75のゾーンで構成され、アライハン区は5ゾーンでラ・チョレラ区は1ゾーンである。本調査では、アライハンおよびラ・チョレラ区をさらに小さい行政区コレヒミエントに従って再分割し、9ゾーンを追加している。図3.1は本調査で採用したゾーニングシステムである。



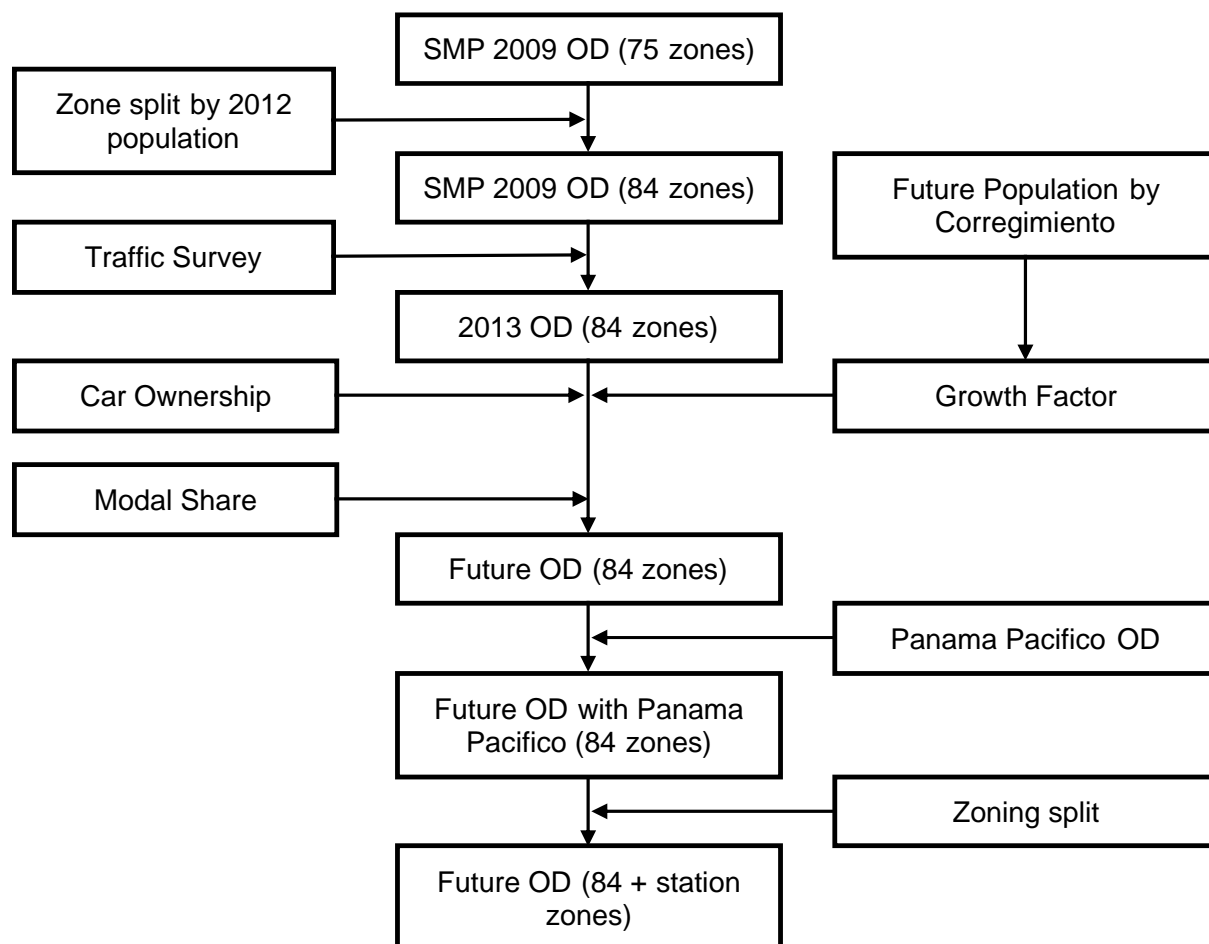
出典：調査団

図 3.1 交通ゾーニングシステム

OD表の予測方法については図3.2に示す通りである。主要な点は以下の通りである。

- 1) 運河を横切るODを、交通調査を元にした推定値に置き換え。
- 2) 将来の車両数増加を考慮し、公共交通から私的交通への転換量を推計。

- 3) 将来的な人口増加に合わせて OD 表を更新。
- 4) パナマ・パシフィコの開発に影響する交通量を追加。
- 5) 駅勢圏内に新たなゾーンを作成して OD 表を分割。
- 6) 1号線、2号線および3号線沿線の私的交通から公共交通への転換量を推定。



出典：調査団

図 3.2 OD 表作成フロー

本調査では、都市交通 3 号線の開通により、輸送力が大幅に増加する事から、現在はピークの 2 時間にわたって分散している交通需要がピーク 1 時間に集中すると仮定し、ピーク 2 時間の OD 表をピーク 1 時間の交通需要と見なして配分計算を行なった。

3.5.3 機関分担

目的地がメトロ駅の徒歩圏であれば、P&R 施設を利用する事により自家用車利用者から都市交通 3 号線への転換が期待できる。ここでは、該当する OD 交通量の 55% (2020 年)、60% (2030 年)、70% (2050 年) の割合で自家用車からメトロへの転換が生じると仮定した。

3.5.4 パナマ・パシフィコの需要

パナマ・パシフィコは、そのマスタープランによれば将来 20,000 世帯、40,000 人の雇用を有する。パナマ・パシフィコの発生・集中トリップは、いくつかの仮定から推計され

た。

パナマ・パシフィコの開発スケジュールは現時点では明確でないため、トリップ数は2020年に50%、2025年に80%、そして2030年に100%に達すると仮定した。

表 3.5 中間年におけるパナマ・パシフィコの交通需要予測

	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Generation	2,100	3,360	4,200	4,200	5,460	5,880
Attraction	2,950	4,720	5,900	5,900	7,670	8,260

出典：JICA 調査団による推計

3.5.5 交通量配分

公共交通の交通量を推計するため、JICA-STRADA を利用してトランジット配分を実施した。一般道路におけるバスの速度はパナマ市内で時速 10km、運河西側で時速 20km と仮定し、高速道路では通常バスの速度を 40km/h、高速バスの速度を 60km/h と仮定した。3号線の料金は、18km まで（アルブルック～アライハンの距離）は 0.65 USD 均一、その後は km あたり 0.042 USD 増加するとした。

3.5.6 道路交通配分

(1) 前提条件

私的交通（自家用自動車）の交通量配分は、JICA-STRADA の段階的配分を用いて成された。交通量配分にあたっては、自家用自動車配分の前にバスの交通量がリンクに追加され、ピーク時の私的交通の OD が道路網の最短経路に配分された。主な前提条件は以下の通りである。

- バスの自動車換算台数（PCU）は 2.0 と仮定した。
- リンクは7分類し、リンクコスト関数として BPR 式を採用した。
- 有料道路の料金は時間価値を用いて時間に換算された。時間価値は 1 台あたり 6.57 ドルとした。

(2) ネットワーク・シナリオ

本調査では、次の3つのシナリオについて検討した。即ち、①現況、②第4橋、③第4橋+3号線、の各シナリオである。アメリカ橋はいずれのシナリオでも残ると仮定したが、③からアメリカ橋が撤去されるシナリオについても検討した。なお、現在建設中のシタ・コステラ III は全ネットワーク・シナリオに含まれている。各シナリオの違いは以下の通りである。

表 3.6 ネットワーク・シナリオ

	シナリオ			
	① 現況	② 第4橋	③ 第4橋+3号線	④アメリカ橋無
パンアメリカン道路の車線数	4	6	6	6
第4橋	無	有	有	有
3号線	無	無	有	有
Omar Torrijos 交差点の改良	無	有	有	有
アメリカ橋	有	有	有	無

出典：調査団による設定

(3) トラック配分

運河を越えるトラック台数については、線形回帰モデルを利用して、表 3.7 のように推計された。アメリカ橋と第4橋のトラック交通量は同じであると仮定した。

表 3.7 トラック交通の将来推計（台/日）

Year	Growth Ratio (2013=1)	Present Case		4th Bridge Case			4th Bridge and Line-3 Case		
		Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge
2013	1.00	4,387	1,760	4,387			4,387		
2020	1.35	5,901	2,367	5,901	1,184	1,184	5,901	1,184	1,184
2025	1.57	6,872	2,757	6,872	1,379	1,379	6,872	1,379	1,379
2030	1.84	8,054	3,231	8,054	1,616	1,616	8,054	1,616	1,616
2035	2.08	9,110	3,655	9,110	1,827	1,827	9,110	1,827	1,827
2040	2.36	10,335	4,146	10,335	2,073	2,073	10,335	2,073	2,073
2045	2.57	11,263	4,519	11,263	2,259	2,259	11,263	2,259	2,259
2050	2.80	12,288	4,930	12,288	2,465	2,465	12,288	2,465	2,465

出典：調査団

3.6 将来旅客需要

3.6.1 ピーク時旅客需要

(1) 区間交通

表 3.8 に示す通り、全線開業ケースにおけるピーク時片方向需要量は 2020 年に 19,359 人、2035 年に 24,519 人、2050 年には 24,519 人である。居住者当たりの車両数の増加に伴い、公共交通の分担率は低下すると予測されている。しかしながら、公共交通の分担率は Without ケースと比較すると高い。

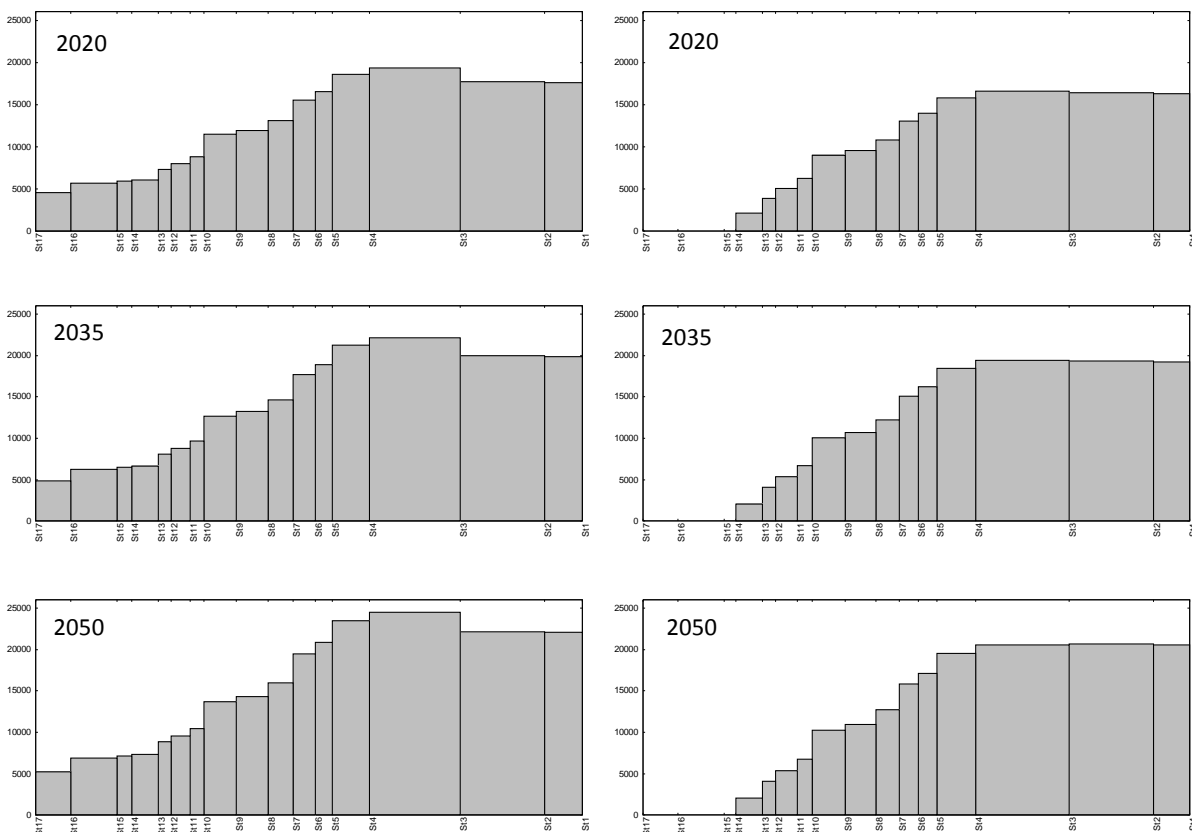
表 3.8 ピーク時における交通予測

	Full Development Case			Phase-1 Case		
	Public Mode Share (%)	No. of boarding passengers	PHPDT	Public Mode Share (%)	No. of boarding passengers	PHPDT
2013	66.0	-	-	66.0	-	-
2020	61.7	23,703	19,359	60.6	19,015	16,578
2025	58.5	25,375	20,493	57.4	20,664	17,824
2030	55.6	26,765	21,367	54.4	21,794	18,620
2035	53.7	28,034	22,153	52.3	22,881	19,408
2040	53.7	29,336	22,905	52.0	23,684	19,945
2050	50.9	31,862	24,519	48.8	24,740	20,667

注記：運賃 = $0.65 + 0.042 * \text{MAX}(0, x-18)$ 、ここに、 x = 旅行距離

出典：調査団

図 3.3 に各ケースにおける区間毎通過交通量を示す。ピークの区間はパナマ・パシフィコの開発が影響して St.3（パナマ・パシフィコ）～St.4（ロマ・コバ）となっている。



注記：左図=全線開業ケース、右図=部分開業ケース（両方とも人口高位推計の場合）
 出典：調査団

図 3.3 ピーク方向における区間交通量

3.6.2 日交通量

推定された OD 表は朝ピーク時を代表するものである。そして午後ピーク時のそれは朝ピーク時の OD 表を変換して得る。日交通 OD 表は朝ピークと夜ピークを合わせたものに定数を掛けて得られる。

交通調査によると、朝ピーク時の両方向バス交通は日交通量の 12%である。従って、朝ピークの日交通量は日総トリップの 12%と仮定した。これにより、1 日の乗降客数はピーク時のそれに 1/0.12 を掛け合わせることで計算される。

計算結果を表 3.9 と表 3.10 に示す。

表 3.9 駅毎日乗降旅客数（全線開通ケース）

Station	2020	2025	2030	2035	2040	2050
1	84,346	88,679	92,813	97,721	101,663	110,854
2	2,779	3,067	3,400	3,604	3,825	4,358
3	8,871	11,250	12,621	12,783	14,175	15,163
4	3,788	4,063	4,350	4,658	4,963	5,392
5	11,004	11,754	12,433	12,983	13,767	15,021
6	4,754	5,088	5,421	5,800	6,179	6,688
7	14,696	15,808	16,979	18,042	18,917	20,692
8	7,363	7,975	8,629	9,183	9,654	10,854
9	2,667	2,854	3,033	3,179	3,300	3,613
10	12,833	13,758	14,233	14,746	15,225	15,783
11	4,125	4,388	4,575	4,733	4,883	5,117
12	3,283	3,488	3,575	3,679	3,742	3,975
13	6,179	6,608	6,879	7,133	7,329	7,917
14	763	863	879	958	1,033	1,167
15	1,413	1,558	1,679	1,808	1,958	2,204
16	5,179	5,988	6,496	6,971	7,563	8,242
17	23,483	24,271	25,046	25,633	26,292	28,479
Total	197,525	211,458	223,042	233,617	244,467	265,517

出典：調査団

表 3.10 駅毎日乗降旅客数（部分開業ケース）

Station	2020	2025	2030	2035	2040	2050
1	74,496	80,529	84,750	88,913	91,975	96,058
2	2,150	2,438	2,708	2,925	3,079	3,279
3	2,846	3,646	4,083	4,363	4,667	5,146
4	3,483	3,783	4,054	4,267	4,500	4,767
5	9,442	10,321	11,083	11,800	12,308	13,021
6	4,004	4,433	4,779	5,142	5,346	5,663
7	10,300	11,242	12,008	12,871	13,508	14,221
8	6,392	7,021	7,725	8,296	8,771	9,525
9	2,700	2,967	3,150	3,388	3,496	3,713
10	12,504	13,758	14,383	15,075	15,463	16,092
11	5,529	5,954	6,217	6,421	6,542	6,629
12	5,388	5,833	6,071	6,279	6,358	6,388
13	8,292	8,963	9,296	9,663	9,975	10,392
14	10,933	11,313	11,308	11,275	11,379	11,275
Total	158,458	172,200	181,617	190,675	197,367	206,167

出典：調査団

3.6.3 交通量配分の結果

(1) ピーク時交通量

現況シナリオでは、ピーク時交通量がパンアメリカン道路の容量を超える事が出来ないため、将来の交通量は現況とほぼ同じである。センテナリオ橋のピーク時交通量はその交通容量を超えると、その後はパナマ運河を越える将来交通量も現況と同じとなる。一方、オフピーク時の交通量は増加を続ける。

需要予測においては、ピーク時交通量はピーク時 OD 表を用いて推計されるが、一部のピーク時交通はオフピークに転移する事になるため、「ピーク時交通量」は必ずしもピーク時交通量を表現してはいない。交通需要予測の結果を、表 3.11 (A-C)に示す。

(2) 日交通量

アメリカ橋のピーク時交通量は、2013年のJICA交通量調査によれば、24時間交通量の7%を占める。一日交通量は、このピーク率を適用して推計された。表3.11(D)に、日交通量の需要予測結果を示す(台数)。需要予測の結果は、運河庁調査でのAADT単位ではなく、典型的な平日の交通量を示したものである。

運河庁調査の結果と比較するため、需要予測の結果は、運河庁調査で採用されている変換係数(AADTから日交通)、即ち自家用自動車は1.0595、バスは1.0246、を用いてAADT(5:00-21:00)に変換された。表3.11(E)にAADTでの結果を示す。

表 3.11 需要予測の結果

A: Peak Hour Peak Direction (PCU)

Scenario	Present		4th Bridge			4th Bridge and Line-3			Without Bridge of Americas	
	Year	Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario
2020	1,746	3,445	1,379	1,921	1,877	1,157	1,709	1,451	1,264	2,985
2025	2,578	3,871	1,823	2,186	2,425	1,512	2,045	1,841	1,642	3,685
2030	3,282	4,362	2,329	2,425	2,875	1,914	2,222	2,323	2,067	4,319
2035	3,669	5,124	3,133	2,598	3,045	2,287	2,436	2,711	2,607	4,754
2040	4,533	5,522	3,379	2,799	3,953	2,746	2,715	3,118	3,106	5,402
2045	5,131	5,979	4,008	3,123	3,963	3,459	2,754	3,175	3,420	5,897
2050	5,173	6,956	4,083	3,442	4,611	3,391	2,904	3,977	4,208	5,995

B: Peak Hour Off-peak Direction (PCU)

Scenario	Present		4th Bridge			4th Bridge and Line-3			Without Bridge of Americas	
	Year	Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario
2020	635	670	609	85	598	604	82	549	605	625
2025	694	713	655	89	648	645	88	588	645	671
2030	751	742	699	86	693	697	84	631	698	710
2035	812	779	766	98	712	759	98	650	760	742
2040	885	820	834	101	752	825	101	684	829	775
2045	922	868	870	106	799	862	104	717	864	814
2050	958	890	928	113	815	896	112	738	897	843

C: Peak Hour Both Directions (PCU)

Scenario	Present		4th Bridge			4th Bridge and Line-3			Without Bridge of Americas	
	Year	Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario
2020	2,381	4,115	1,988	2,006	2,475	1,761	1,791	2,000	1,869	3,610
2025	3,272	4,584	2,478	2,275	3,073	2,157	2,133	2,429	2,287	4,356
2030	4,033	5,104	3,028	2,511	3,568	2,611	2,306	2,954	2,765	5,029
2035	4,481	5,903	3,899	2,696	3,757	3,046	2,534	3,361	3,367	5,496
2040	5,418	6,342	4,213	2,900	4,705	3,571	2,816	3,802	3,935	6,177
2045	6,053	6,847	4,878	3,229	4,762	4,321	2,858	3,892	4,284	6,711
2050	6,131	7,846	5,011	3,555	5,426	4,287	3,016	4,715	5,105	6,838

D: Day (24 hours: No. of Vehicles)

Scenario	Present		4th Bridge			4th Bridge and Line-3			Without Bridge of Americas	
	Year	Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario
2020	39,280	56,132	33,837	28,269	33,112	30,615	25,905	28,705	32,144	52,560
2025	52,951	62,800	41,794	32,236	41,507	37,222	30,950	34,900	39,072	63,457
2030	64,982	70,495	50,818	35,830	48,616	44,882	33,651	42,566	47,068	73,481
2035	72,418	82,126	64,310	38,663	51,342	52,146	37,113	48,520	56,718	80,505
2040	87,071	89,361	70,021	41,823	65,002	60,857	41,402	55,009	66,050	90,668
2045	97,013	96,226	80,442	46,709	65,867	72,492	42,195	56,424	71,949	98,619
2050	99,138	110,894	83,367	51,608	75,508	73,024	44,665	68,351	84,695	100,808

E: AADT (No. of Vehicles)

Scenario	Present		4th Bridge			4th Bridge and Line-3			Without Bridge of Americas	
	Year	Centenario	Bridge of Americas	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario	Bridge of Americas	4th Bridge	Centenario
2020	31,525	50,906	26,382	25,615	30,246	23,341	23,361	26,010	25,613	48,988
2025	43,512	56,846	32,976	29,177	37,996	28,661	27,940	31,677	31,427	59,243
2030	53,754	63,668	40,379	32,346	44,488	34,775	30,266	38,690	38,078	68,563
2035	59,775	74,253	52,116	34,821	46,867	40,634	33,334	44,113	46,464	75,005
2040	72,448	80,602	56,350	37,572	59,532	47,700	37,149	50,007	54,377	84,444
2045	80,958	86,753	65,310	42,008	60,177	57,806	37,722	51,169	59,229	91,841
2050	81,996	100,210	67,103	46,436	69,085	57,341	39,859	62,233	70,669	93,577

出典：調査団による推計

「第4橋+3号線シナリオ」の場合における車種別の将来交通量及びESALは、表3.12に示す通りである。各車種のESALは、自動車=0、バス=1、小型トラック=0.018、2軸トラック=0.64、3軸以上のトラック=2.03と仮定した。これらのESALの数値は、小型トラックを除き運河庁調査と同じ値である。2軸トラックと3軸以上のトラックの割合は、運河庁調査をもとに9：1と仮定した。

表 3.12 需要予測の結果～第4橋 (台/日)

人口高位推計

Year	No. of vehicles						ESAL	
	Car	Bus	Light Truck	2-Axle Truck	3 or more axle truck	Total	Year	Accumlate (million)
2020	26,471	1,050	793	352	39	28,705	451,629	0.45
2025	32,343	1,179	924	409	45	34,900	511,358	2.86
2030	39,700	1,250	1,082	480	53	42,566	555,977	5.53
2035	45,371	1,321	1,224	543	60	48,520	598,375	8.41
2040	51,557	1,379	1,389	616	68	55,009	639,056	11.51
2045	52,729	1,436	1,514	671	75	56,424	674,447	14.79
2050	64,414	1,471	1,651	732	81	68,351	704,486	18.24

第4章 自然条件

4.1 地勢

パナマは、北はカリブ海、南は太平洋に面し、東はコロンビア、西はコスタリカに接しており、面積は7万7082平方キロメートルを有する。国土の中央部は南北アメリカ大陸で最も狭くなった地狭部で、海洋航路の世界的要衝であるパナマ運河が通っている。

4.2 地形

パナマは中央アメリカプレートと南アメリカプレートが突き合わさった位置にあり、調査対象地域は、急激な地殻変動によって形成されたパナマ盆地に位置する。ペドロ・ミゲル断層、リモン断層等がシェラネバダ山脈南端から南方に向い、ミラフローレス閘門とペドロミゲル閘門の間を横切って更に南下している。ペドロ・ミゲル断層は第4パナマ運河橋の架橋予定近くにあり、1621年に大地震が発生した場所である。

4.3 土質

運河より東側は、玄武岩の山が、西側については、シルト岩及び砂岩の丘陵地が広がっている。また、運河沿いは、低湿地帯であり、軟弱な泥が堆積している。

4.4 気象

4.4.1 気温

パナマの気温は、一年を通じて各月とも27℃前後でほぼ一定である。

4.4.2 湿度

当地域周辺の相対湿度を以下に示す。1985～2012年にかけての月毎の平均相対湿度は、73.7～83.7%となっており、5月から11月にかけては、80%を超えている。

4.4.3 降雨

パナマは、高温多湿の亜熱帯気候であり、5月～12月が雨季にあたる。最も降水量が多いのは、11月である。

4.4.4 風

第4パナマ運河橋に最も近い、バルボア観測所の風向、風速及び風速頻度を以下に示す。

(1) 風向

第4パナマ運河橋付近では、北西方向から風が吹く頻度が高い。

(2) 風速

第4パナマ運河橋付近では、1990年6月に81.9km/hrの最大風速を観測している。

(3) 風速頻度

第4パナマ運河橋付近では、風速0.5~2.1m/sの頻度が最も高く、約50%を占めている。

4.5 水文（パナマ運河（含む洗掘））

パナマ運河は殆ど流速がなく、第4パナマ運河橋付近も流速0.3m/s程度で安定している。

また、運河岸にヒアリングした結果、パナマ運河では第4パナマ運河橋位置を含め、洗掘は発生していないことを確認した。

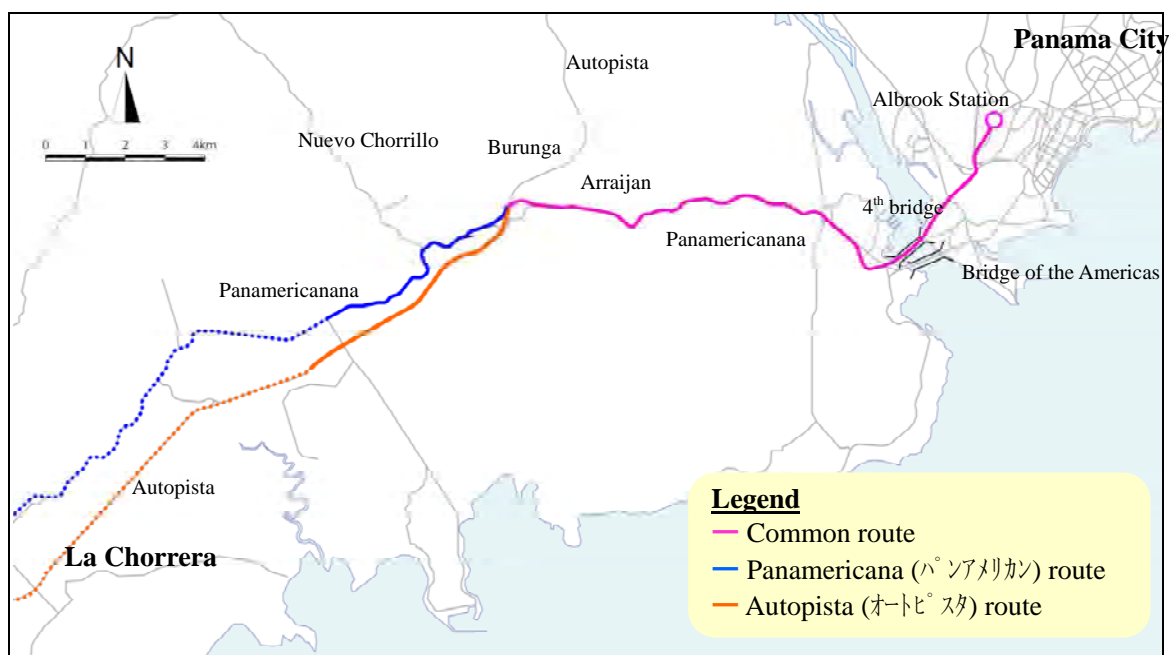
4.6 地震

パナマでは、過去に多くの地震が発生し、被害を受けている。1882年に発生した地震の際は、パナマ市街地で多くの建物が崩壊している。また、ペドロ・ミゲル断層が第4パナマ運河橋付近に存在し、1621年の大地震の際の震源である。

第5章 システム選定

5.1 ルート案

都市交通3号線のルートには、アライハンより西側でパンアメリカン道路を通るルートと、オートピスタを通るルートの二つの代替案がある。パンアメリカン道路は既成市街地を通るが、6%を超える勾配や曲線半径100m以下のカーブが存在するなど、都市交通の導入には地形的に厳しい条件である。一方オートピスタルートは建設が容易であるが、高速道路沿いであるため市街地からやや離れている。



出典：調査団

図 5.1 3号線代替ルート図

5.1.1 比較項目

上記の2ルート案を評価するために、JICA調査団とメトロ庁の間で評価の方法と11個の比較項目について合意された。それらは以下の4つに分類される。(1)需要とサービス(2)物理的側面(3)土地利用可能性と移転(4)環境影響、である。

5.1.2 比較方法

全ての比較項目には下表の通り、ExcellentからNot Applicableの6段階で評価される。評価を基に1から0の係数が与えられ、それらの係数を、割り当てられた重みと掛け合わせることで評点を得る。

表 5.1 段階評価と係数

評価	係数	評点
(A) Excellent:	1.0	重み × 1.0
(B) Good:	0.8	重み × 0.8
(C) Fair:	0.6	重み × 0.6
(D) Insufficient:	0.4	重み × 0.4
(E) Poor:	0.2	重み × 0.2
(F) Not applicable:	0.0	重み × 0.0

出典：調査団

5.1.3 評価

調査団とメトロ庁との協議の場で、オートピスタとパンアメリカンの両ルートについての各比較項目を分析、評価した。

協議を重ねた結果、調査団はメトロ庁と下表の評価結果で合意に至った。評価点は 100 点満点で、パンアメリカンルートの評価点は 79.8 点、それに対してオートピスタは 71.8 点であった。

この結果を踏まえ、パンアメリカンルートが選択された。

表 5.2 ルート選定比較結果

No.	構成要素	比較項目	重み	アウトビスタルート	点数	パンアメリカンルート	点数			
1	ルート選定のコンセプト・各ルートのサービス対象者	通勤者	4	主要対象利用者はパナマ市への通勤者である。地形状況が比較的緩やかであるためパンアメリカン・ルートより高速運転が可能。路線の距離も短い。	4	パナマ市通勤者に限らず、アライハ・ラ・チョレラ地域内の旅客も対象利用者となる。午前・午後のピーク時間帯に急行列車を計画できる。路線はアウトビスタルートより長い。	2.4			
		通勤及び地元利用						6	1.2	6
2	現在・将来的開発により需要を生み出す潜在力	既存の空間占有及びその傾向	50	アウトビスタは都市間高速道路であるため、近辺の開発は計画されていない。今までの開発は車を所有する中間所得者用の分散された無計画の住宅プロジェクトである。南へ続く開発は中間所得者用住宅である。	7.2	アライハとラ・チョレラ間の市街地はパンアメリカン道路を中心とする。ほとんどの地元ビジネス及び住宅地(特に底所得世帯)は近くにあり、古い建物と新開発が混合する。北へ続く開発は底・中間所得者用住宅のようである。	12			
		ラ・チョレラへの将来延長で期待できる需要。						8	4.8	8
		駅						5	2	5
		交通結節点(パーク&ライド)						5	2	4
		フィーダバスサービス						5	2	4
		表定速度						5	5	3
		部分開業案全線とラ・チョレラへの将来延長線(全線開業案)						5	5	4
3	具体的構造	7.5m~8.5m・7.5m線形	18	6%以上の勾配無し R=160m以下の曲線無し	5	3か所、合計780m	2			
		(1) 急勾配部分						5	3	
		(2) 急曲線						5	3	
		(3) 公共設備へのインパクト						3	1.8	
4	用地取得可能性と住民移転	用地所得及び住民移転(用地)の入手可能性	32	アウトビスタ道路沿い	3	パンアメリカン道路から800m	1.8			
		(1) 車両基地						3	2.4	
		(2) 駅						3	2.4	
		(3) インターモーダル施設						3	1.2	
		(4) 線形						3	1.2	
		建設・運用時の自然・社会環境へのインパクト						3	1.8	
5	環境	建設・運用時の自然・社会環境へのインパクト	32	低い人口密度	1	中間人口密度	0.6			
		(1) 空気汚染						1	0.6	
		(2) 騒音・振動						3	1.8	
		(3) 安全						3	1.8	
		(4) 交通						3	1.8	
		(5) 地元経済、雇用、生計						8	8	
		(6) 土地利用						4	4	
Total			100	71.8	79.8					

出典：調査団

5.2 第1回目のスクリーニング

システム選定のプロセスを2つの段階に分けて実施した。はじめに、全ての可能性のある都市交通をリストして、以下の4つの項目で評価した。

- 1) 道路交通に重大な影響を及ぼすか
- 2) 既に整備されたシステムであるか、または実用的な段階であるか。
- 3) 化石燃料を使用するシステムであるか
- 4) 一般的な輸送力が 20,000PHPDT を越えるか

BRT (地上、または専用レーン)、LRT、懸垂式モノレールそして maglev は上記の比較項目を満足しないことから選考から外れた。

従って、残る6つのシステムを第2段階の比較で検討することとなる。

表 5.3 1回目のシステム選定表

		交通システム										
		BRT	BRT(専用 レーン)	LRT	専用軌道式 LRT	AGT	懸垂式モノ レール	懸垂式モノ レール	Maglev	リニアメトロ	MRT	急こう配用 LRT/MRT
1回目のスク リーニング項 目	道路交通へのインパクト											
	実用段階											
	化石燃料使用											
	標準輸送力	3,000-5,000	5,000-10,000	3,000-8,000	8,000-20,000	8,000-22,000	5,000-10,000	10,000-36,000	5,000-12,000	20,000-50,000	25,000-60,000	15,000-45,000
1回目のスクリーニング												

出典：調査団

5.3 多基準分析

5.3.1 システム選定表

この2回目の比較段階では6つのシステムを評価する。評価結果を表5.4に示す。メトロ庁とJICA調査団によるブレインストーミングや協議の結果、10個の比較項目が、多くの比較項目候補の中から選ばれた。評価のプロセスの中で、はじめにメトロ庁とコンサルタントとの協議を通じて重み付けを行った。その後各比較項目の評価が行われた。最終的に、全体評価の計算は自動的に係数(0~1)と重み値を各比較項目に掛け合わせることで得た。ここで得られる点差の意味について留意する必要がある。

例えば、今回比較した全てのシステムは高い安全性を持っている。評価における1点と0.9点の差は一方のシステムが相対的に10%安全であるという意味ではない。その逆も然りである。しかし、比較要素において相対的な優位性があると考えられたものに過ぎない。

一連の協議と分析の後、結論として跨座式モノレールが3号線に最もふさわしいシステムとして選定された。比較表に見る通り、跨座式モノレールが最高点を獲得したことを示している。MRTは次点であった。専用レーンのLRT、AGT、リニアメトロと急こう配用LRT/MRTは3号線には相応しくないシステムと判断された。これは、3号線においては、モノレールやMRTと比較して顕著に劣る点があるためである。また3号線はモノレールが望ましいとする特筆すべき側面がある。以下に2点示す。

- 3号線におけるモノレールの初期コストはMRTに比べて2億ドル以上安い
- MRTは広範囲の用地取得を避けるために非常に高い橋脚が必要となり、技術的に困難である。

表 5.4 システム選定表

			都市交通システム					
			専用軌道式LRT	AGT (Automated Guideway Transit)	跨座式モノレール	リニアメトロ	MRT	急こう配用 LRT/MRT
供用中の典型的な例 (国)			マニラLRT 1号線 (フィリピン)	ゆりかもめ (日本)	東京モノレール (日本) ドバイモノレール (ドバイ)	都営大江戸線 (日本)	世界中多くの都市で適用事例あり	神戸電鉄有馬線 (日本)
								
評価項目	重み							
1) 輸送力 (*1)	15	0.8	0.4	0.8	0.7	1.0	0.8	
2) 初期費用 (システム) (*2)	10	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	
3) 初期費用 (インフラ) (*2)	20	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8	
4) O&M 費用 (*3)	10	1.0	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	
5) 市場独占性 (*4)	10	0.8	0.6	0.5	0.5	1.0	0.8	
6) 安全性 (*5)	5	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	0.7	
7) 住民移転 (*6)	15	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	
8) 自然環境へのインパクト (*7)	5	0.8	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8	
9) 景観 (*8)	5	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6	
10) 維持管理性 (*9)	5	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	
合計得点	100	81.2	76.6	88.6	80.4	86.5	82.3	

注記

合計得点は 10 個の比較項目の係数に重みを足し合わせたものを合計して得られる。

- *1: 全てのシステムで運転ヘッドは 3 分で固定し、6 両編成と仮定。
- *2: 初期コストは土木工事、電気機械そして車両をカバーする。最大支柱高さは 20m と仮定。
- *3: 年次毎 O&M コストで補正している。
- *4: 国際入札による調達が可能であること。
- *5: 評価方法、脱輪の可能性、そして救出方法を評価した。
- *6: 用地取得と住民移転を評価した。
- *7: 伐採面積
- *8: 高架構造による景観へのインパクト
- *9: 維持管理作業の容易さ

出典：調査団

5.3.2 条件と比較手法

下記の与条件と仮定を用いて比較分析を行った。

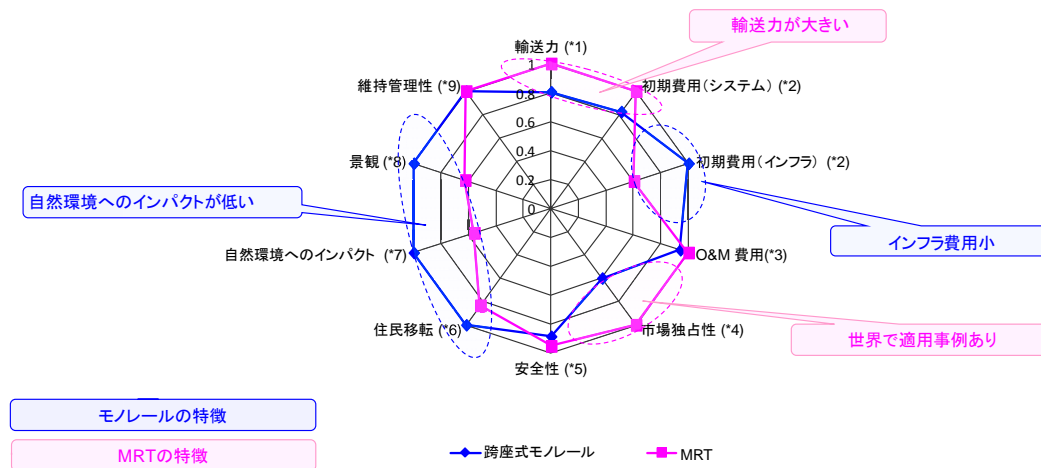
- パンアメリカン道路経由の路線延長 L=25km
- 駅数は 10 とする。
- 初期需要は 20,000PHPDT で最終的には 35,000PHPDT とする。
- MRT と LRT には 4%、モノレールその他のシステムは 6%の勾配を使用した。
- R=100m をモノレール、AGT およびリニアメトロの最小曲線半径とし、MRT その他のシステムは R=160 とする。
- 比較には 4 人/m2 の乗車率および 3 分ヘッドの運行間隔という条件を使用した。

5.3.3 レーダチャートによる比較

比較結果が 1 位と 2 位になった跨座式モノレールと MRT について、図 5.2 に示すようにレーダチャートを用いて比較した。モノレールは初期インフラ投資費用が安い、景観が良い、自然環境への影響が低い、そして用地取得や住民移転へのインパクトが小さいという重大な優位性がある。一方で、MRT は輸送力と市場競争環境に優位性がある。

モノレールと比較するとき前記の優位性を得るためには MRT システムは 20m という大きな車両長としなければならない。もし短い MRT 車両とモノレールを比較する場合、輸送容量は、ごくわずかな差となる。

モノレールと MRT の特徴の比較



出典：調査団

図 5.2 レーダチャートによるモノレールと MRT の比較

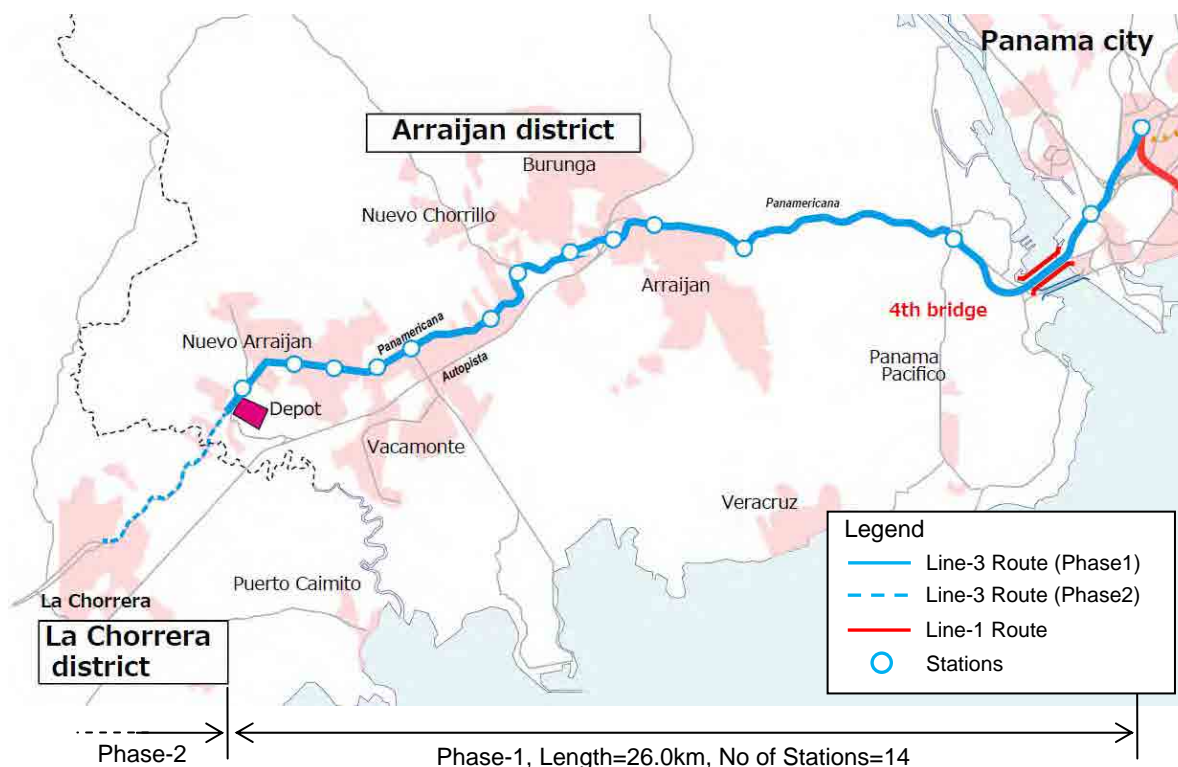
5.4 結論

各評価項目の係数に、それぞれの重みを乗じて集計した結果を表 5.4 に示す。候補となるシステムのうち、モノレールの合計得点が 88.6 で最高であった。

第6章 路線計画

6.1 3号線の路線

都市交通3号線の路線は、以下の図に示す通り第1期と第2期に分かれる。第1期はアルブルックから車両基地が計画されているアライハン地区とラ・チョレラ地区の境界付近までの約26km、第二期は第一期の終点からラ・チョレラ方面へ延伸される計画であるが、終点及び路線詳細は未定である。



出典：調査団

図 6.1 3号線路線概要

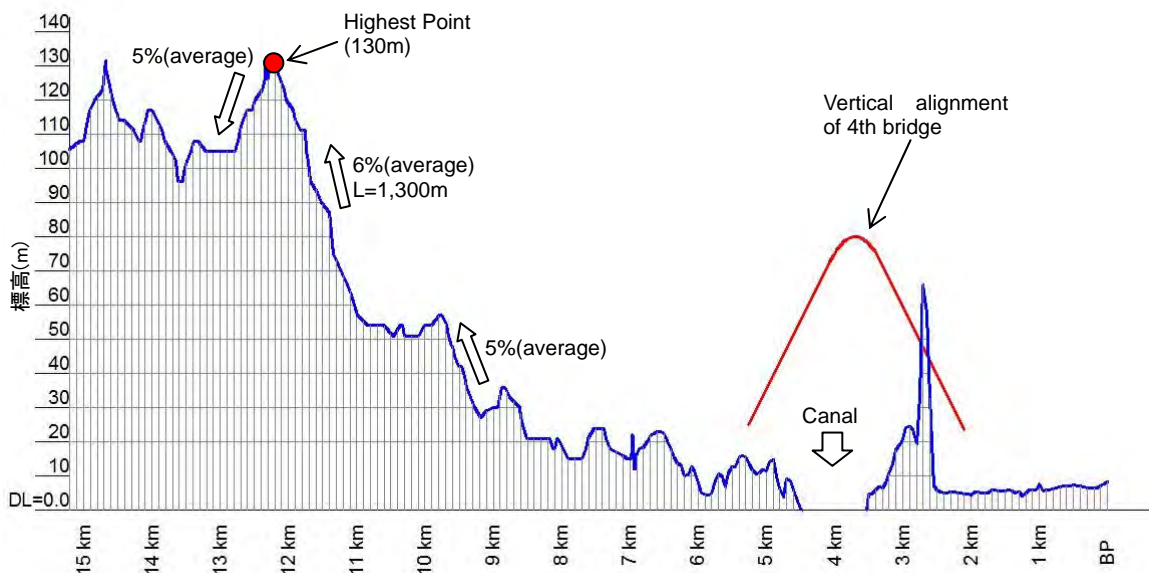
6.2 路線状況

6.2.1 地形条件

3号線路線沿いの地形条件は運河の西側と東側で大きく異なる。運河の東側は地形の起伏がほとんどない平地であるが、運河の手前に標高80m程度の丘があり、路線はこの丘の一部を切土して第4橋へ接続する。

運河の西側は丘陵地帯が広がり、路線沿いに平坦なところはほとんどない。パナマ運河を渡河した地点（標高約10m）から徐々に高度があがりアライハン手前の最高点では標高130mに達する。この間、パナマ・パシフィコからアライハンまでの区間は道路の両側に森林地帯が広がっており、カーブや急勾配の坂道が連続している。また、最高点手前の1,300mの区間では平均勾配が6%に及ぶ。

路線前半区間の平面線形と衛星写真、路線沿い縦断図及び路線上の写真を図6.2に示す。



Arraijan 手前の最高点（標高 130m）付近

出典：調査団



急カーブや急勾配坂道が連続するジャングル区間



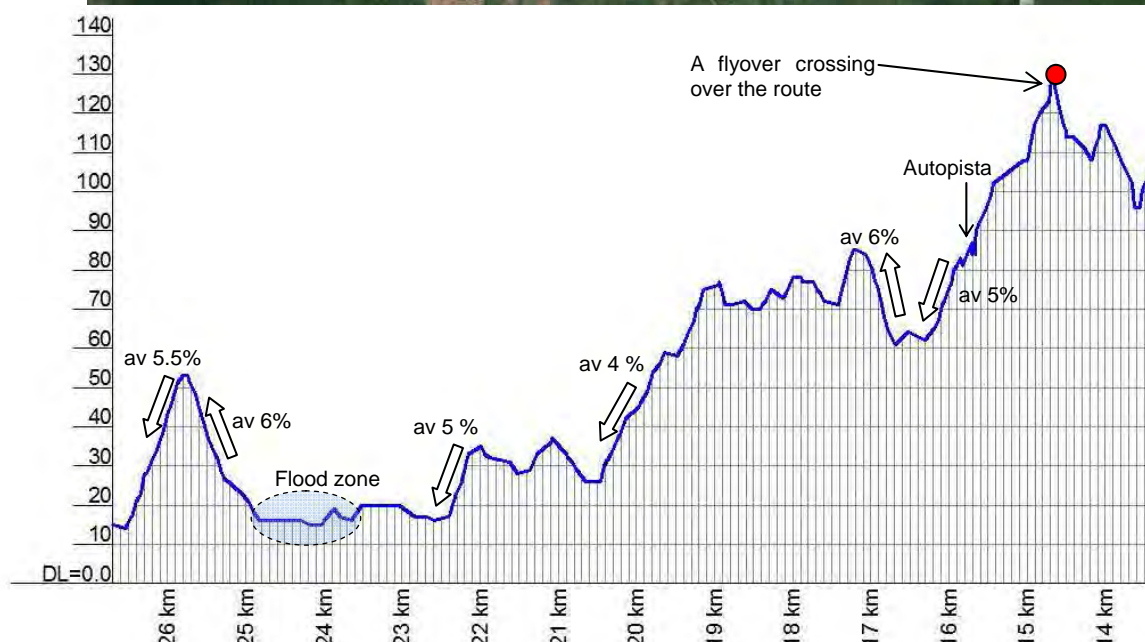
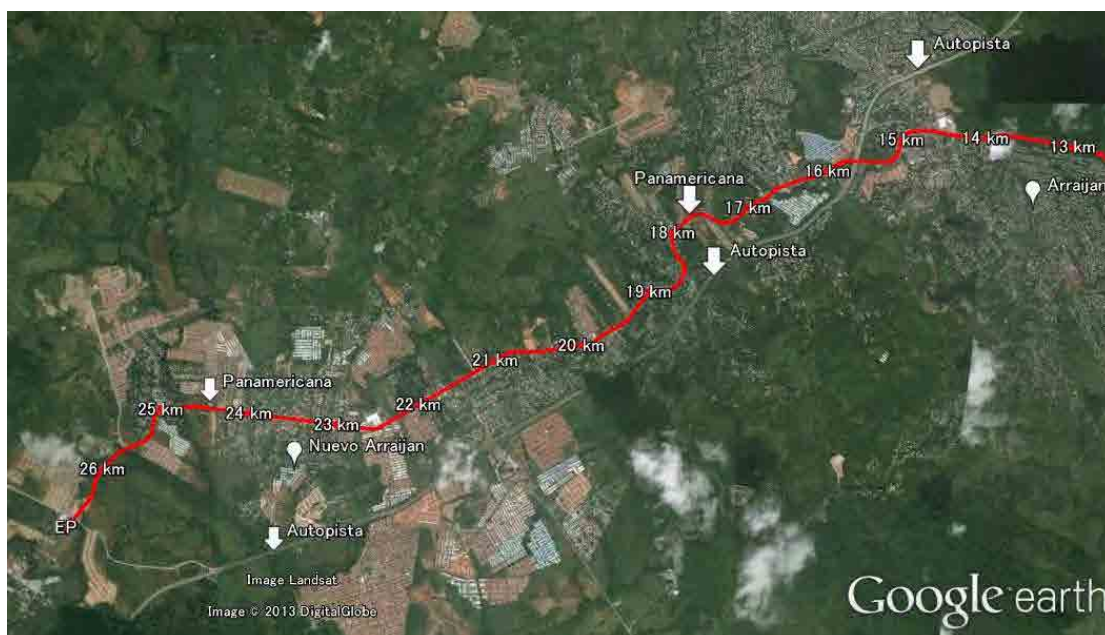
切土が発生する 2 km 700 付近の丘 (Cerro Sosa)

図 6.2 路線前半部地形状況と写真

アライハン以西、パンアメリカン道路沿いには民家や商店が散見されるようになる。3号線路線とほぼ並行して走るオートピスタは高速道路であるため、急カーブもなく切盛り土工事を行って道路の勾配を押さえているのに対して、路線に選定された旧道のパンアメリカン道路は基本的に起伏の激しい地形沿いに道路が施工されており、周辺はある程度開発が進んでいるものの急カーブや急勾配坂道が連続している。路線後半はヌエボ・アライハンに向けて高度を徐々に落としており、ヌエボ・アライハンでは標高 10 数

メートルの平地が 2km 程度にわたって存在するが、この低地区間では 2012 年に洪水が起きている。

路線前半区間の平面線形と衛星写真、路線沿い縦断面図及び路線上の写真を図 6.3 に示す。



2012年に洪水が発生した区間（路線終点付近）



旧道（Panamericana）沿いに走る路線



路線の上空を交差するフライオーバー

出典：調査団

図 6.3 路線後半部地形状況及び写真

6.2.2 地質条件

地質調査は現地再委託により実施した。計 51 か所で実施したボーリング調査結果および運河東部については、運河庁から提供された調査結果も踏まえて、本調査の設計に用いる支持層を表 6.1 にしめす通り決定した。

表 6.1 ボーリング結果に基づいて決定した支持層

区間	支持層	説明
起点～2+600	20m	本調査によるボーリング 1 か所 運河庁から提供されたデータ 7 か所を参考に決定
2+600～5+050	---	モノレールは第 4 橋の構造に乗る区間であることから、第 4 橋の報告書を参考
5+050～10+000 (6+900～7+100)	10m (20m)	本調査によるボーリング 9 か所を参考に決定 左記区間のみ 20m を使用（ボーリング結果を参考に決定）
10+000～19+000	15m	本調査によるボーリング 19 か所を参考に決定
19+000～終点 (24+000～25+500)	25m (30m)	本調査によるボーリング 18 か所を参考に決定 左記区間のみ 30m を使用（ボーリング結果を参考に決定）

出典：ボーリング結果報告書

6.2.3 ユーティリティ

路線上にさまざまな種類の公共サービス設備が存在する。燃料パイプラインや水道本管等の公共サービス設備は移設における費用の増加と社会的インパクトを避けるため設計上のコントロールとして考慮する。小水道管、比較的低容量の送電線・通信回線等、その他の公共設備がプロジェクト路線を妨げる場合は移設する。

情報収集は現場調査のみならず、水道管に関しては上下水道局（IDAAN）、燃料パイプラインは MEF 所属の返還地行政機構（UABR）等の関連当局への聞き取り調査を実施した。これらの機関からのデータはハード・コピーや電子ファイルの形式で入手した。

下表にプロジェクト路線上の公共サービス設備と関連当局を示す。

表 6.2 プロジェクト路線上の公共サービス施設と関連当局

公共設備の種類	当局名	説明
返還地に存在する燃料パイプライン及び水道管	返 還 地 行 政 機 構 (Unidad Administrativa de Bienes Revertidos)/ Petroamerica Terminal S.A.燃料タンク企業	アライハンからバスコ・ニュンニェス・デ・バルボア海軍基地への燃料パイプラインへの影響を避ける。位置情報は CAD フォーマットで入手。
水道 / 下水道	上下水道局 IDAAN	路線沿いにパイプが存在する。位置情報は一部 GIS フォーマットで入手。
電力供給	電力会社 ETESA	3号線は少数の中容量電線と交差する。回線網の情報は書面で入手。
ガス供給	ガス会社 Tropigas/ Panagas	当サービスはガスタンクで供給されている。
通信 / ケーブル	電話・インターネット 会社 Cable & Wireless / Cable Onda	大手通信会社がプロジェクト路線地域でサービスを提供している。

出典：調査団

公共サービスに関して一番困難な要素は路線沿いにある燃料パイプライン及び上下水道管である模様。現場調査と当局聞き取り調査により、これら重要施設の位置を把握した。

6.2.4 水文条件

3号線の東側の起点は、運河、マルコス・ヒラベルト国際空港を含むクルンドゥ川分水界に位置する。小規模な小川は既存の構造物の下に埋蔵されている。

運河西側地域の河川水は、灌漑及びラ・チョレラ市の家庭用水として利用されている。河川は都市部に近づくほど、過剰な揚水や、廃棄物の破棄、工業排水・下水の垂れ流しの影響を受けている。

カイミト川における外部からの悪影響の結果として、流域の水質はすでに悪化しており、この傾向は将来とも継続しそうである。

地下水面は季節変動が顕著で、乾季には表面から5m以上水面が低下する。水面は雨季には表面から50cm以内までに上昇し、表面の排水に問題を起し、ある場合には地表に湧出する。

6.2.5 気候

パナマは熱帯性気候に属し、気温は年間を通して27度程度であり、最高でも39度、最低でも15度である。季節は雨季と乾季に分かれ、5月から11月にかけての雨季には雷を伴う激しい雨が降り、対象路線の月間降雨量は200～250mmである。対象路線においては、年間50日程度は落雷の日があり、そのほとんどは雨季に観測されている（2008～2012年平均：ETESA）。

6.3 駅位置

3号線における潜在需要の高い地域を抽出し、多くの利用客が望まれる箇所において、駅は設置される。駅位置については、以下の視点に基づき、決められた。

- 駅設置のため、レベル区間が確保可能な箇所
- 既存の交通結節点機能を持つ箇所の近傍
- 主要道路の交差付近
- 背後地に住宅団地が形成されている地域
- 産業地域として開発が進む地域

3号線は、アルブルックを起点として、公共機関が集まるバルボア地区を抜け、新規に建設される第4橋を渡りパナマ運河の西側に到達する。パナマ運河通過後、ヌエボ・アライハンに至るまで沿いにパンアメリカン道路沿いに、約26kmの高架区間として建設される。パナマ・パシフィコからロマ・コバ間は、5.56kmと駅間距離が長く、気象条件によりモノレールの運行が中止された場合の乗客の車両内への閉じ込められる状況を防ぐ必要がある。

上記に示した駅設置の条件に基づき、14駅と緊急避難用の駅が設置される。これらの駅は、車両基地内にある最終駅を除き、高架駅となっている。

表 6.3 駅位置

No.	駅名	距離		備考
		位置 (Km)	駅間 (Km)	
E1	Albrook	0+000		Metro Line-1 と AGNT への接続
			2.050	
E2	Balboa	2+050		行政地域へのアクセス
			4.800	
E3	Panama Pacifico	6+850		産業地域へのアクセス
			3.450	
	(Emergency Platform)	10+300	5.560	
			2.110	
E4	Loma Coba	12+410		既存市街地へのアクセス
			1.940	
E5	Arriajan	14+350		アライハン、ブルンガ地区へのアクセス
			1.120	
E6	Arrijan Mall（将来駅）	15+470		新規に建設されるショッピングセンターへのアクセス
			0.980	
E7	Burunga	16+450		既存市街地へのアクセス
			1.410	
E8	Nuevo Chorrillo	17+860		ヌエボ・チョリーヨ地区へのアクセス
			1.290	
E9	Caceres	19+150		新興住宅地へのアクセス
			2.300	
E9-1	(将来駅)	20+370	1.450	
			0.850	
E10	Vista Alegre	21+450		パンアメリカン道路とバカモンテ地区との交差点
			0.920	
E11	Vista Alegre 2	22+370		既存のショッピングセンターへのアクセス
			1.180	
E12	Nuevo Arriajan	23+550		既存市街地へのアクセス
			0.700	
E13	San Bernardino (将来駅)	24+250		新興住宅地へのアクセス
			1.600	
E14	Ciudad del Futuro	25+850		ラ・チョレラ方面からの接続
		Total	25.850	

出典:調査団

平均駅間距離は 1.99 km となっている。これは、アルブルックからパナマ・パシフィコに至るパナマ運河通過区間があることに加え、パナマ・パシフィコからロマ・コバに至るパナマ運河の水源涵養を目的とした森林保護地域が広がる地域を 3 号線は通過することに起因している。これらの区間を除いた平均駅間距離は、1.34 km である。この距離は、概ね、都市内鉄道における駅間距離となる。

第7章 事業計画

7.1 線形

平面線形検討上の基本の方針は以下のとおりである。

- 第4橋の東側（アルブルック～第4橋）区間では、マルコス・ヒラベルト国際空港の航空制限を考慮すると滑走路から離れた位置に線形を設定する方が有利であることから、モノレールの平面線形は第4橋に接続する道路の東側に、道路と並走させることを基本とする。
- 第4橋においては橋梁の南側に路線を設定する。
- 第4橋の西側区間
 - a) オートピスタとの交差点以東の区間

パンアメリカン道路沿いに線形を設定するが、中央分離帯がないこととキロ程9k500~11k000付近にある燃料貯蔵タンクからのパイプラインがパンアメリカン道路の南側に埋設されていることから、道路の北側を走らせる。

- b) オートピスタとの交差点以西の区間

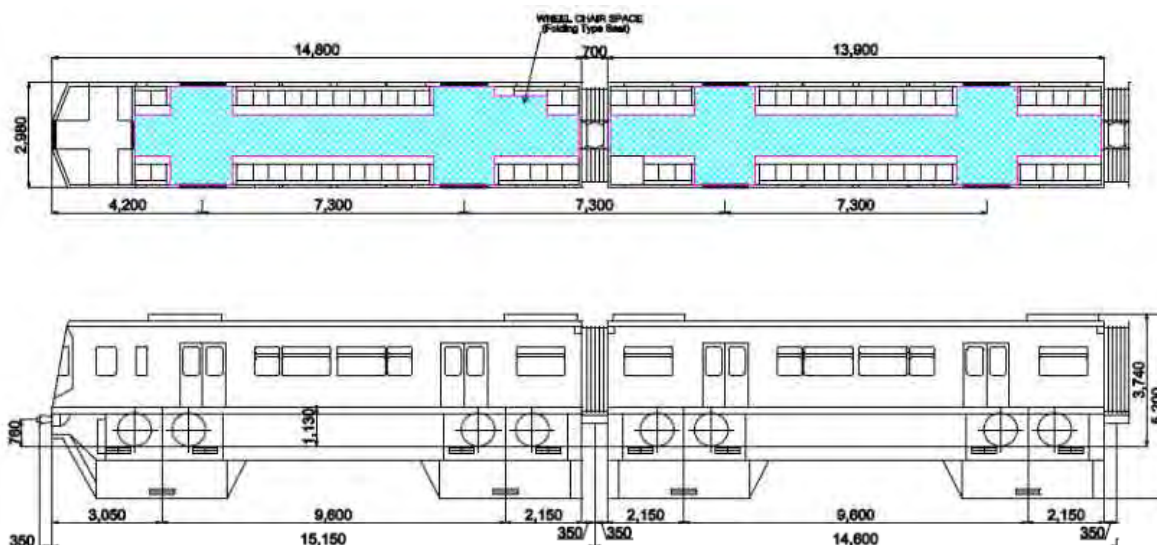
パンアメリカン道路全線にわたって幅約2~3m程の中央分離帯が存在するため、このスペースを活用してモノレールの線形を設定する。

7.2 車両

7.2.1 輸送容量

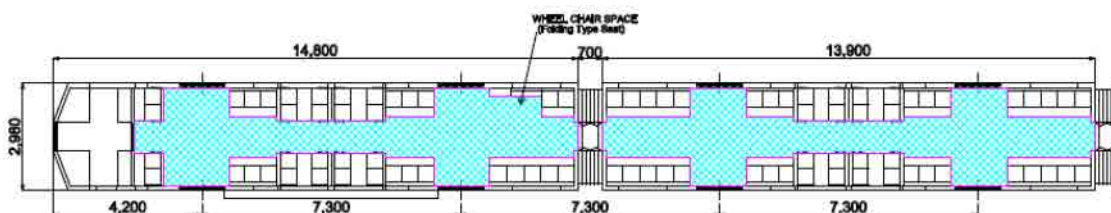
開業時より将来まで6両編成で運用する。

大形跨座型モノレール車両の車両外形寸法と座席配置の例を図 7.1 と図 7.2 に示す。図 7.1 は、ロングシートのみ構成（Long Seat Type と呼ぶ）であり、座席数は編成で246席となる。図 7.2 は、ロングシートとクロスシートが混在する構成（Semi-cross Seat Type と呼ぶ）であり、座席数は編成で270席となる。3号線は主として駅間距離が長い近郊形輸送になることを考慮すると、座席数が多い Semi-cross Seat Type を導入する方が良いと考える。



出典：調査団

図 7.1 車両外形寸法と座席配置（Long Seat Type）



出典：調査団

図 7.2 座席配置（Semi-cross Seat Type）

7.2.2 車両の仕様

3号線向け車両の主要仕様諸元を表 7.1 に示す。これは日本で実績のある大形跨座型モノレールの仕様に基づいている。

車両の性能に係わる数値については仮に定めたものであり、詳細設計時には変わり得るものである。

表 7.1 主要仕様諸元

項目	仕様		
	Tc	M	Train
車両の種類			
列車編成	6両固定編成: Tc-M-M-M-M-Tc		
寸法			
車両長	15.5 m	14.6 m	89.4 m
車体長	14.8 m	13.9 m	-
車両幅	2,980 mm	2,980 mm	2,980 mm
車高（最大）	5,200 mm	5,200 mm	5,200 mm
軌道面からの高さ	3,740 mm		
軌道面からの床面の高さ	1,130 mm		
車体重量	27.0 t	26.5 t	160 t
乗車人数			
座席数	39 (35)	48 (44)	270 (246)
3人/m ² （立客）	98 (97)	108 (107)	628 (622)
4人/m ² （立客）	117 (117)	129 (129)	750 (750)
6人/m ² （立客）	157 (159)	169 (171)	990 (1002)
運転性能	自動列車運転装置（ATO）、運転士乗務		
	最大運行速度：80 km/h		
	加速度：ATO モードで 3.5 km/h/s (0.97 m/s ²)		
	減速度：ATO モードで 3.5 km/h/s (0.97 m/s ²)		
	常用最大減速度：4.0 km/h/s (1.11 m/s ²)		
	非常減速度：4.5 km/h/s (1.25 m/s ²)		
	躍度：0.75 m/s ³		
最小回転半径	平面：100 m（本線）、50 m（支線）、垂直：1000 m		
最大勾配	60 ‰		
車体構造	軽合金溶接、耐火		
座席配置	セミクロスシート型（またはロングシート型）		
乗降ドア	1車両あたり片側2ドア、幅1300 mm、高さ1850 mm		
緊急ドア	先頭車頭部中央に1ドア		
台車	2軸ボルスタレス、溶接鋼構造		
	油圧ディスクブレーキ		
	走行輪：窒素ガス充填チューブレスタイヤ		
	案内輪と安定輪：ゴムタイヤ		
き電圧	DC 1500V		
動力電動機	三相かご型誘導電動機 110kW		
動力制御	VVVF インバータ制御（回生ブレーキ） 2 駆動電動機/1 制御機		
補機用電力	静止型インバータ 120 kVA		
ブレーキ	電気指令式電空ブレーキ（回生ブレーキ） ATP/ATO 装置付インターロック、応加重装置		
空調ユニット	天井設置型 18.6 kW (16,000 kcal/時) x 2/車		

注記：（ ）なしは Semi-cross seat type の場合、（ ）付きは Long seat type の場合を表す。

出典：調査団

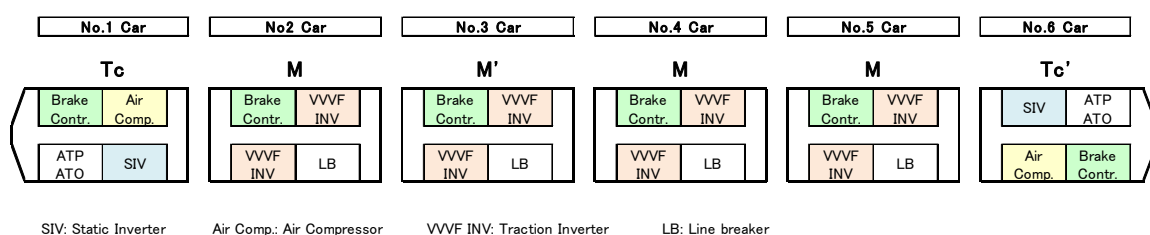
7.2.3 RAMS 関係

(1) 適用規格基準

車両の設計・製作にあたっては、国際的な規格（IEC、EN、BS、そして JIS など）に依ることを条件とする。これらの規格の関係する条項はユニバーサルデザインの指針にもなる。

(2) 冗長系設計

主回路（駆動システム）については図 7.3 に示すように、中間車 4 両を電動車とし、台車単位で制御するように構成する。すなわち、1 台の VVVF インバータ装置で駆動用の誘導電動機 2 個を制御する。一部の装置が故障した場合には、「高加速運転モード」に切り換えて残りの健全な装置の出力を上昇させ、運行時間の遅れを少なくさせることもできるようにする。



出典：調査団

図 7.3 主要機器配置

「高加速運転モード」は、健全な編成が故障編成を最寄りの駅まで推進または牽引して行く場合にも用い、路線の急勾配地点で動けなくなるような事が発生しないようにする。

(3) 非常時の脱出手段

モノレール車両が何らかの理由により軌道上で動けなくなった場合には、隣接する列車により救援するものとする。前後する列車が乗客で満車となっている場合には、最寄りの駅で乗客を降ろし、救援に向うものとする。モノレールの先頭車には救援列車に乗客が乗り移るための非常時避難用ドアを車端に設ける。

(4) 火災対策

車体各部や装備品の材料には、不燃材あるいは難燃材を用いることにより、火災が発生した場合に、延焼および炎上することの非常に少ない車両とする。

万が一、火災が発生した場合には、駅を出発して間もない時にそれを検知した時は即時に停車し、駅間走行中にそれを検知した時は次駅まで走行した後に停車する、という運転扱いをする。

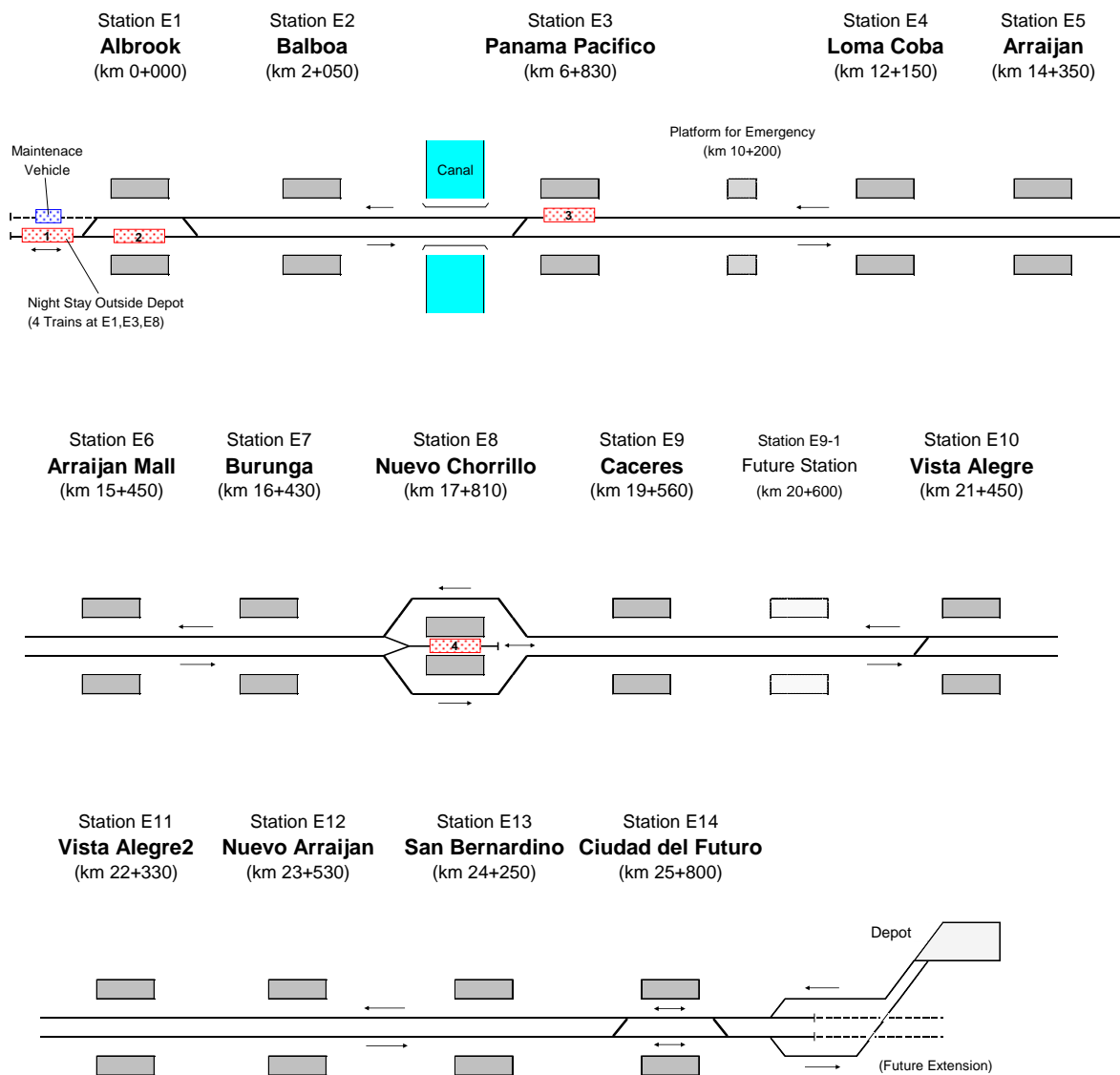
鉄道では火災時の延焼を防ぐ目的で貫通ドアを設置する例があるが、本事業の場合は上記の対策により、むしろ他の車両への移動を容易にした方が良く、貫通ドアの設置を不要とする。

7.3 運行計画

7.3.1 検討の前提条件

(1) 駅概略配線計画

図 7.4 に 3 号線第 1 期区間の概略配線図を示す。延長約 25.8km で 14 駅を計画する。全体の平均駅間距離は約 2.0km であるが、アライハン (E5) を境に大きな差があり、東側 (アルブルック側) は約 3.6km、西側 (シウダッド・デル・フトゥーロ側) は約 1.3km となっている。



出典: 調査団

図 7.4 3号線 (部分開業案:第1期) 概略配線図

(2) 編成両数と平均立席人数の検討

目標輸送量が 25,000 人の場合（全線開通ケース）、6 両編成であれば 1 時間 33 本の運行頻度で、平均立客人数は 4.04 人/m²となる。本事業では 6 両編成を採用する。

(3) 所要時間及び表定速度

全区間の所要時間は途中駅の停車時間（標準 30 秒）を含め 39 分 50 秒、うち東側区間（アルブルック～ヌエボ・チョリーヨ間）25 分 20 秒、西側区間（ヌエボ・チョリーヨ～シウダッド・デル・フトゥーロ間）14 分 30 秒となった。

表定速度は全区間で 38.9km/h、うち東側区間 42.2km/h、西側区間 33.1km/h となった。東側区間は駅間距離が長いいため西側区間に比べて約 9km/h 速くなっている。

表 7.2 運転所要時間及び表定速度（全 14 駅開業後）

	区間延長 (km)	平均 駅間距離 (km)	運転時間 (分:秒)			表定速度 (km/h)
			走行時間	途中駅 停車時間	合計	
E1～E14(全区間)	25.80	2.0	33:50	6:00	39:50	38.9
E1～E8(東側区間)	17.81	2.5	21:50	3:30	25:20	42.2
E8～E14(西側区間)	7.99	1.3	12:00	2:30	14:30	33.1

1. 走行時間はシミュレーション結果をもとに駅間ごとに 5 秒単位に切上げて設定
 2. 駅停車時間は 30 秒を標準と設定、ただし、アルブルック(E1)駅は朝ピーク時に大量の降車客があるため、日本の地下鉄の事例より降車時間を 50 秒と設定した（アルブルック駅は終点駅のため表定速度計算のための駅停車時間には含まない）。
 3. 駅番号 E1=アルブルック、E8=ヌエボ・チョリーヨ、E14=シウダッド・デル・フトゥーロ
- 出典: 調査団

7.3.2 運転計画の検討

(1) 運転系統

需要予測結果では通過人員が階段状に増加していくが、ブルンガ(E7)～ヌエボ・チョリーヨ(E8)付近に比較的大きな段差がある。そこで、この特徴に適切に対応し効率的な運転が可能となるよう、ヌエボ・チョリーヨ駅でアルブルックからの列車を一部折り返し運転を行うことを提案した。折り返し駅をヌエボ・チョリーヨとしたのは、当駅周辺に住宅等の集積が見られ、折り返し駅として適切と考えたためである。

(2) ピーク時運転計画

ピーク時運転計画は、ピーク時最大輸送量を、編成両数（6 両編成）と計画平均立席人数 6 人/m²(より乗客数の少ない西側区間は 4 人/m²)から求まる 1 列車当たり輸送力(990 人)で除して算出する。

算出された運転本数は、東側が 2020 年 18 本/時（3.33 分ヘッド）、2050 年 22 本/時（2.73 分ヘッド）、西側が 2020 年 11 本/時（5.45 分ヘッド）、2050 年 12 本/時（5 分ヘッド）となる。

表 7.3 ピーク時運転計画（東側区間・西側区間別）

区間	項目	単位	年		2020	2025	2030	2035	2040	2050	備考
			算出式								
東側区間 (E1-E8)	ピーク時最大輸送量(通過人員)	人/時・片方向	a1		17,763	18,757	19,440	20,060	20,604	21,766	E4→E3(東行列車)
	編成両数 *1	両/列車	b1		6	6	6	6	6	6	
	計画平均立席人数	人/m2	c1		6	6	6	6	6	6	
	1列車当たり輸送力 *1	人/列車	d1		990	990	990	990	990	990	
	必要列車運転本数	本/時・片方向	e1=a1/d1		18	19	20	21	21	22	
	列車運転ヘッド	分	f1=60/e1		3.33	3.16	3.00	2.86	2.86	2.73	
	算出平均立席人数	人/m2	g1		5.95	5.95	5.82	5.69	5.90	5.97	E5→E1間は5.0を超える
西側区間 (E8-E14)	ピーク時最大輸送量(通過人員)	人/時・片方向	a2		10,136	10,631	10,789	10,957	11,069	11,423	E9→E8(東行列車)
	編成両数 *1	両/列車	b2=b1		6	6	6	6	6	6	
	計画平均立席人数	人/m2	c2=c1		6	6	6	6	6	6	
	1列車当たり輸送力 *1	人/列車	d2=d1		990	990	990	990	990	990	
	必要列車運転本数	本/時・片方向	e2=a2/d2		11	11	11	12	12	12	
	列車運転ヘッド	分	f2=60/e2		5.45	5.45	5.45	5.00	5.00	5.00	
	算出平均立席人数	人/m2	g2		5.41	5.78	5.90	5.34	5.41	5.66	E10→E8間は4.0を超える

注(*1): 6両編成列車=Tc-M-M-M-M-Tc

1両当たり輸送力(人、Tc/M) 4人/m2の場合=117/129人、5人/m2の場合=137/149人、6人/m2の場合=157/169人

出典: 調査団

(3) 必要車両数の算出

必要車両数は、ピーク時の車両（編成）の回転時間から算出した。その結果、表 7.4 に示すとおり、必要編成数・車両数は2020年（E6、E9、E13の3駅未開業）で26編成・156両、2025年以降は全14駅開業となり29編成・174両、2050年で32編成・192両となる。開業時2020年の需要が多いため、開業時から比較的多くの車両が必要となる。

表 7.4 必要車両数算出結果

運転系統	項目	単位	年		2020	2025	2030	2035	2040	2050
			算出式							
全区間運転 (E1-E14) (25.80km)	区間長(片方向)	km/片方向	a1		25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80
	列車運転本数	本/時・片方向	b1		11	11	11	12	12	12
	運転ヘッド	分	c1=60/b1		5.45	5.45	5.45	5.00	5.00	5.00
	1編成回転時間	分	d1		84.5	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7
	運転必要編成数	編成	e1=d1/c1		16	17	17	18	18	18
東側区間運転 (E1-E8) (17.81km)	区間長(片方向)	km/片方向	a2		17.81	17.81	17.81	17.81	17.81	17.81
	列車運転本数	本/時・片方向	b2		7	8	9	9	9	10
	運転ヘッド	分	c2=60/b2		8.57	7.50	6.67	6.67	6.67	6.00
	1編成回転時間	分	d2		59.2	60.7	60.7	60.7	60.7	60.7
	運転必要編成数	編成	e2=d2/c2		7	9	10	10	10	11
必要編成数 /車両数合計	運転必要編成数(合計)	編成	e=e1+e2		23	26	27	28	28	29
	予備編成数	編成	f		3	3	3	3	3	3
	必要編成数合計(運転+予備)	編成	g=e+f		26	29	30	31	31	32
	編成両数	両/編成	h		6	6	6	6	6	6
必要車両数合計	両	i=g*h		156	174	180	186	186	192	

(注)1. 予備編成数は運転予備、月検査予備、重要部・全般検査予備各1編成、計3編成とした。

2. 2020年はE6,E9,E13の3駅は未開業で、全14駅開業時に比べ所要時間が全区間で2分35秒、E1～E8間で45秒短縮される。

出典: 調査団

(4) 終日運転本数

終日運転本数は、朝ピーク時（交通量調査及び需要予測結果から朝6:00～7:00の1時間と設定）の運転本数を基準に、車両の運用も考慮して表 7.5 のとおり算出した。

営業時間は朝5時から深夜24時までの19時間とし、片方向の終日運転本数の2系統合

計は、2020年211本、2050年244本となる。

表 7.5 終日運転本数・運転ヘッド算出結果 (2020-2050年)

年 項目 時間	2020				2025				2030				2035				2040				2050			
	運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)		運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)		運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)		運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)		運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)		運転本数 (本/時・片方向)		合計運転 ヘッド (分)	
	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計	全区間 運転 (E1-E14) (E1-E14)	東側区間 運転 (E1-E8) (E1-E8)	計
5-6	9	5	14	4.29	9	5	14	4.29	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	10	6	16	3.75
6-7	11	7	18	3.33	11	8	19	3.16	11	9	20	3.00	12	9	21	2.86	12	9	21	2.86	12	10	22	2.73
7-8	9	5	14	4.29	9	5	14	4.29	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	16	3.75
8-9	9	5	14	4.29	9	5	14	4.29	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	16	3.75
9-10	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
10-11	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
11-12	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
12-13	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
13-14	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
14-15	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
15-16	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	5	13	4.62
16-17	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	5	13	4.62
17-18	9	5	14	4.29	9	5	14	4.29	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	16	3.75
18-19	9	5	14	4.29	9	5	14	4.29	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	15	4.00	9	6	16	3.75
19-20	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	5	13	4.62
20-21	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	4	12	5.00	8	5	13	4.62
21-22	6	3	9	6.67	6	3	9	6.67	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	4	10	6.00	6	5	11	5.45
22-23	5	2	7	8.57	5	2	7	8.57	5	3	8	7.50	5	3	8	7.50	5	3	8	7.50	5	3	8	7.50
23-24	4	1	5	12.00	4	1	5	12.00	4	1	5	12.00	4	1	5	12.00	4	1	5	12.00	4	1	5	12.00
計	139	72	211		139	73	212		139	87	226		140	87	227		140	87	227		140	87	227	

設定根拠: 5・6時(始発/朝遷移時間帯) = 朝ピークと日中の平均

6・7時(朝ピーク) = 適切な運転頻度でピーク時の需要を輸送できる本数(計画平均立席人数の範囲内)

7・9時(朝遷移時間帯) = 朝ピークと日中の平均

9-15時(日中) = 朝ピークの半数

15-17時(夕遷移時間帯) = 日中と夕ピークの平均

17-19時(夕ピーク) = 朝遷移時間帯と同じ

19-21時(夕遷移時間帯) = 日中と夕ピークの平均

21-22時(夜間) = 日中と同じ

22-23時(深夜) = 夜間と終電の平均

23-24時(終電) = 最低限必要なサービスレベル(10・20分ごと)

注: 1. 運転本数については、なるべく運転ヘッドが乗客に分かりやすいよう計算結果を丸めて設定した。
2. 各時間帯における運転本数は、入出庫等実際の車両運用により増加する可能性がある。

出典: 調査団

7.4 土木構造物

7.4.1 基本方針

土木構造物設計の基本方針は以下の通りである。

- 設計は基本的に ASTM、AASHTO、JIS の基準に従うこと。
- パナマ国の基準がある場合にはそれを参照すること。
- 駅の設計は全ての利用者にアクセスしやすいものであること。
- 設計の外観は利用者及び社会に魅力的な外観であること。

7.4.2 適用設計基準

適用設計基準は以下の通りである。

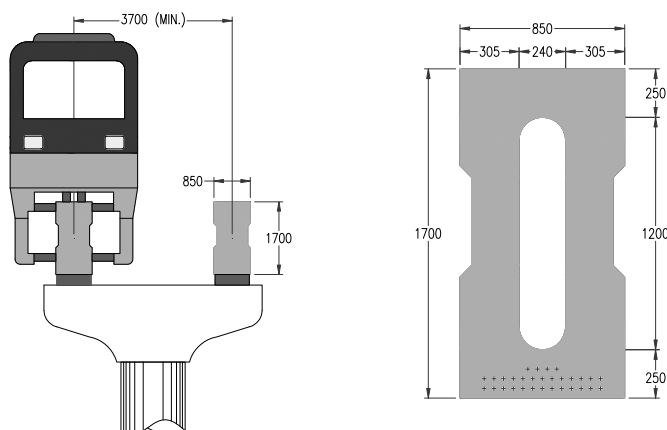
幾何構造設計	<ul style="list-style-type: none"> • 国土交通省- 都市モノレールの構造設計基準
地質工学関連調査	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM D1586 -地盤の標準貫入試験（SPT） • AASHTO M145 -土砂試料・分類試験方法
土工事	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO T 27 - ふるいわけ試験 • AASHTO T 90 - 液性・塑性限界試験 • AASHTO T 180 - 締固め試験 • AASHTO T 193 - 室内 CBR 試験 • AASHTO T 193 - 貫入試験 • AASHTO T 191 - 現場含水率 • AASHTO T 191 - 現場密度試験
基礎	<ul style="list-style-type: none"> • 設計・施工仕様 - ASTM, AASHTO, JIS • ASTM D1143 - 杭・静荷重 • ASTM C-39 - シリンダーによる圧縮試験 • ポートランド・セメント - 構造物に利用するセメントは JIS R 5210, ASTM C 150, AASHTO M 85 に適合するポートランド・セメントや相当品、及び ASTM C150 に適合するタイプ 1 のポートランド・セメントや相当品であること。 • ASTM D4945 - 杭の動的荷重試験方法
コンクリート構造物	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート製造に利用する原料及び施工は JIS A 1101, ASTM C 143, AASHTO T 119, JIS A 1108, ASTM C 39, ASSHTO T 22, ACI 214, JIS A 1132, ASTM C 31, AASHTO T 23, JIS A 1105, ASTM C 87, AASHTO T 71, ASTM C-150, ASTM C-1077, ASTM -94 C, ASTM C-33、又はコンクリート工事に適切であり、承認された同等の国際基準、および仕様書の改定に適合すること。
鋼構造物	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート構造に利用される補強鋼は JIS G 3112, ASTM A615, AASHTO M 31, ACI 408.1 R の必要事項に適合すること。
バリアフリー	<ul style="list-style-type: none"> • “Decreto Ejecutivo N° 88 de 12 de noviembre de 2002”（1999年8月27日の第42法）

7.5 軌道桁構造

7.5.1 上部構造物

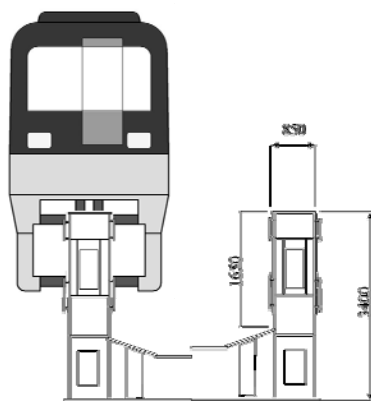
モノレールの桁は、スパン長に応じて以下の4形式を採用する。

- 1) 短スパン（スパン長：～10m）：RC 桁
- 2) 標準スパン（スパン長：22～30m）：PC 桁
- 3) 中スパン（スパン長：30m～80m）：鋼桁
- 4) 長スパン（スパン長：80m～）：鋼アーチ橋等



出典：調査団

図 7.5 PC 桁の断面図 (L=25m)

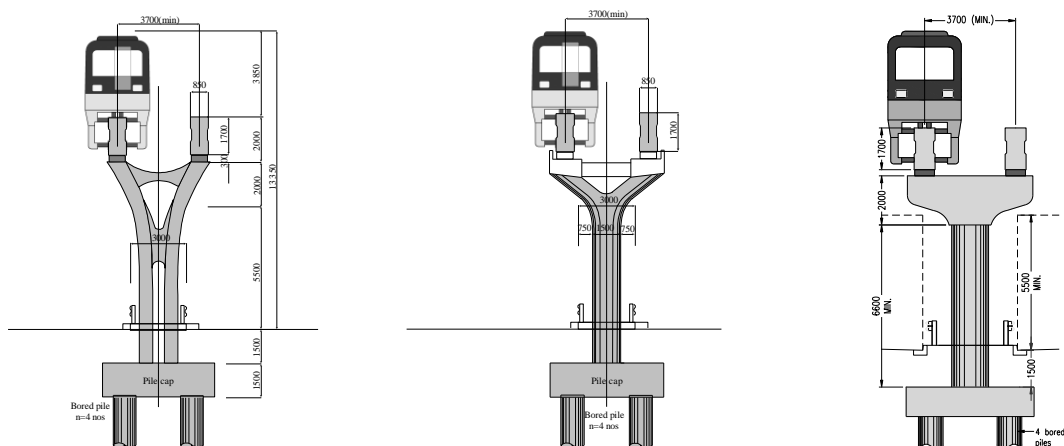


出典：調査団

図 7.6 鋼桁橋の断面図 (L=50m)

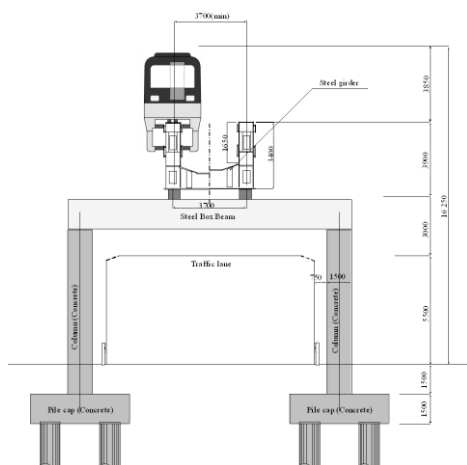
7.5.2 下部工

標準的なモノレールの橋脚に必要な断面は円柱の場合は、橋脚高により、直径 1.4～2.15m 程度であり、道路の中央分離帯に建設可能である。モノレール橋脚の標準横断面図を図 7.7 と図 7.8 に示す。



出典：調査団

図 7.7 モノレール橋脚の標準横断面図



出典：調査団

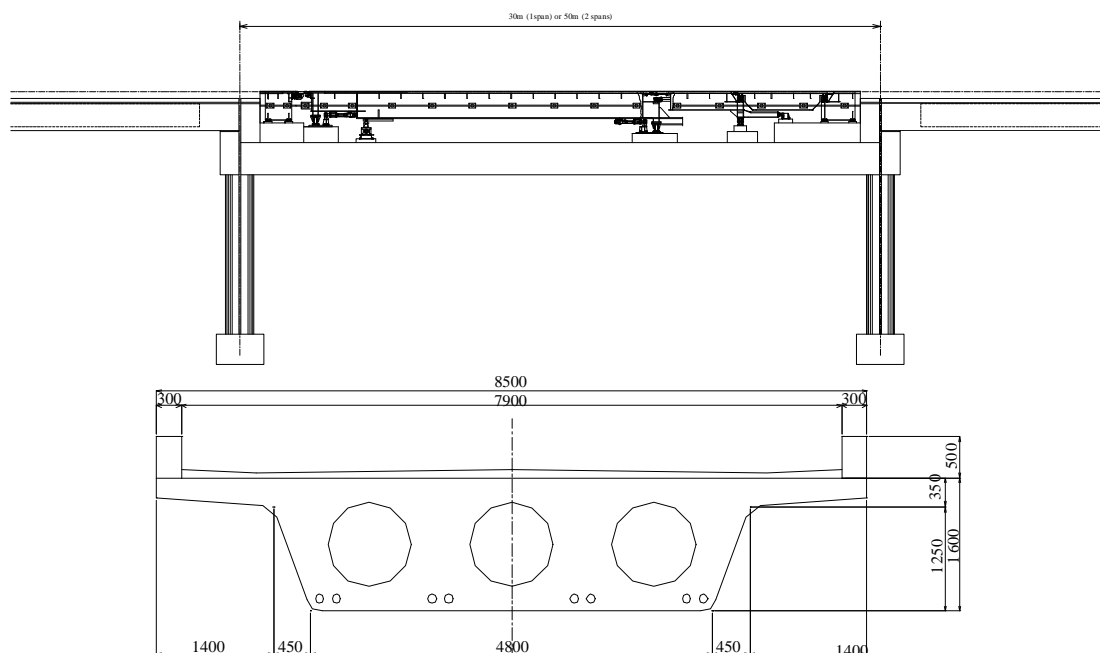
図 7.8 門型橋脚の標準横断面図

7.5.3 基礎工

基礎の形式と深さを検討することを目的として、計画路線沿線で地質調査を実施した。調査の結果、全線で杭基礎が必要なことが判明した。支持層は5章に示す通り、地表から10m～30mの間に分布している。杭基礎は、現地で一般に採用されている、直径1000mm/1200mm/1500mmの現場打杭が想定される。杭頭に設置するパイルキャップは1.5～2mの厚さで地表から1500mm以上の深さを確保する。

7.5.4 分岐橋

分岐器と関連設備は分岐橋上に設置される。分岐橋はPCスラブ構造とする。



出典：調査団

図 7.9 モノレールの分岐器橋の断面図

7.5.5 その他の軌道関連設備

(1) 走行面のすべり止め処理

鋼製軌道桁の上部表面はタイヤのスリップを防ぐため、溝付鋼板の使用もしくは滑り止め塗装を施す。溝付鋼板は、走行面に溝を加工してゴムタイヤとの摩擦力を増やすものであり、一方滑り止め塗装は硅砂を骨材とするエポキシ樹脂モルタルを塗布する事により表面の摩擦力を高めるものである。

(2) 支承と伸縮装置

単純軌道桁の支承は平行、垂直およびねじれの作用に抵抗しなければならない。また、温度変化や活荷重による作用に対しても円滑な動作が要求される。支承の設計は将来、軌道桁の交換が容易かつ、桁の位置調整が容易なものとする。円滑で快適な乗り心地を提供するために桁に鋼製の伸縮装置を取り付ける。

7.5.6 設計荷重

(1) 設計仕様

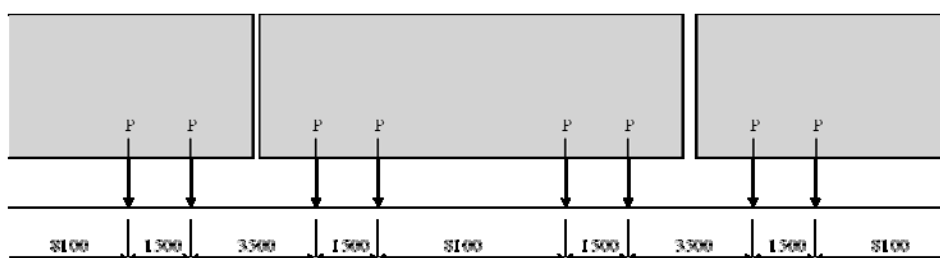
パナマにおける構造設計の仕様は公共事業省（MOP）が承認している設計基準に準拠する。構造設計に使用する主な設計仕様で現在存在するのは下記の通り。

- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Third Edition, 2004.
- American Concrete Institute, ACI-318.
- American Institute of Steel Construction, AISC.
- Seismic Code for the Republic of Panamá, Reglamento de Diseño Estructural de La República de Panamá.

設計の方法は AASHTO LRFD に拠るものとするが、いくつかの特殊な仕様については下記を追加するものとする。

- 活荷重は AASHTO に規定されていないため、軸重の配置と荷重はモノレールの荷重に従うものとする。
- 地震の設計は AASHTO LRFD により行い、地震条件を取りこむためにパナマの地震ゾーンニングコードから地震荷重係数（A）を考慮する。
- 更に、設計荷重の組み合わせは AASHTO ではなく、モノレールの構造設計基準で規定されているものを使用する。

軸配置と設計に用いる軸力は図 7.10 に示されている。



出典：調査団

図 7.10 軸配置

表 7.6 Axle Loads

説明	P(トン)	計算
衝撃荷重	11.0	= 44.0/4
名目荷重	9.0	= 35.2/4
車体重量	7.0	= 27.6/4

出典：調査団

遠心力とブレーキ力の計算のための重心位置は上部構造端から 1,300mm とする。遠心力とブレーキ力は AASHTO LRFD に示されるとおり、垂直方向の活荷重の摩擦抵抗として作用する水平方向荷重とする。

(2) 地震荷重

地震設計は AASHTO LRFD による手法で行う。地表加速度係数 A の値はパナマの地震コードを参照して使用する。この値は最小で 0.15g、最大で 0.2g である。構造物固有周期の算出分析には AASHTO のマルチモード伸縮法を用いた。橋脚高によって 0.90 秒～1.80 秒の周期と 0.31～0.20 の地震係数が得られた。

7.6 駅

7.6.1 駅導入機能

3号線の駅に導入する機能と設備について検討した結果を以下の表に示す。

駅の機能・設備	3号線での採用方針
1) 切符販売口	切符の販売は駅の販売口で駅員によって行う。将来は自動販売機を設置するため、販売口のサイズはそれを収容するのに十分なサイズとする。
2) 改札ゲート	改札ゲートを設置する。改札ゲートは車椅子利用者や大きな荷物をもった利用者が容易に通過できるように 90cm の幅を確保する。
3) 駅事務所と券売室	駅事務所は駅員が働きやすいように、また待機する駅員の休憩のため出入り口付近に配置する。駅事務所の隣には切符室を設ける。ここには券売口と旅客情報ディスプレイが含まれる。しかしながら、小規模の駅においては最小限の券売室に留め、切符販売と旅客情報の提供のみとする。
4) 電気機械（E&M）室と信号通信機器（S&C）室	電気機械（E&M）室と信号通信機器（S&C）室はコンコース階に設ける。電気機械室には電力を駅施設と照明に供給する電気機器が含まれる。信号通信機器室には信号と通信の機器が含まれる。
5) トイレ	1号線では駅にトイレは設けられていない。3号線においては、主要駅にトイレを設ける。
6) 昇降施設（エレベーターとエスカレーター）	階段に加えて、エレベーターとエスカレーターを全てのプラットフォームに設置する。
7) プラットホームスクリーンドア	プラットフォームスクリーンドアは利用者が転落するのを防止するため、高さ 1.2m 以上の高さでプラットフォーム端に設置する。
8) エアコンと人工換気	プラットフォームには設置しない。
9) 変電施設	変電施設のいくつかは駅のコンコース階に設ける。

7.6.2 駅デザイン

モノレールの駅寸法は車両長と旅客数および、利用者の利便性を考慮して決める。

設計方針は下記の通りとする。

- (1) 利用者の利便性のため、バリアフリーおよびユニバーサルデザインの考えを取り入れる。
- (2) モノレールの特徴を強調するため、シンプルな構造とし、自然換気を活用する。
- (3) 可能な限り既存道路の中央にモノレールを配置することで、用地取得を最小限に抑える。

駅に必要な空間は以下の通り。

- (1) 最小プラットフォーム長さは車両長から余裕長 10m を確保する。3号線における6両編成の車両長さは90m であるため、最小プラットフォーム長さは100m となる。
- (2) 有効プラットフォーム幅は交通需要予測から予想される旅客数を基に計算する。旅客の循環流動を確保するため、最小幅として3m を確保する。
- (3) 火災時に消火活動を行えるよう、駅舎周りは6m を確保する。密集している都市部では、道路上に駅舎を設置することによる閉そく感を避けるため、駅舎外側の壁と周辺の建物間は少なくとも10m 以上離れていることが望ましい。

7.6.3 バリアフリー・ユニバーサルデザイン

モノレール駅の利便性向上のため、より内容が充実した日本基準の項目を参考にすることを推奨する。

7.6.4 駅構造

都市交通システムにおける高架駅で一般的に採用される3階建て、プラットフォーム階、コンコース階および地上階（道路のレベル）で構成される構造を提案する。

プラットフォームの階層では、利用者は列車を待ち、そして乗車する。プラットフォーム階には屋根を設置し、転落予防用の柵を設置する。また、利用者は降車してプラットフォーム階からコンコース階へ移動する。

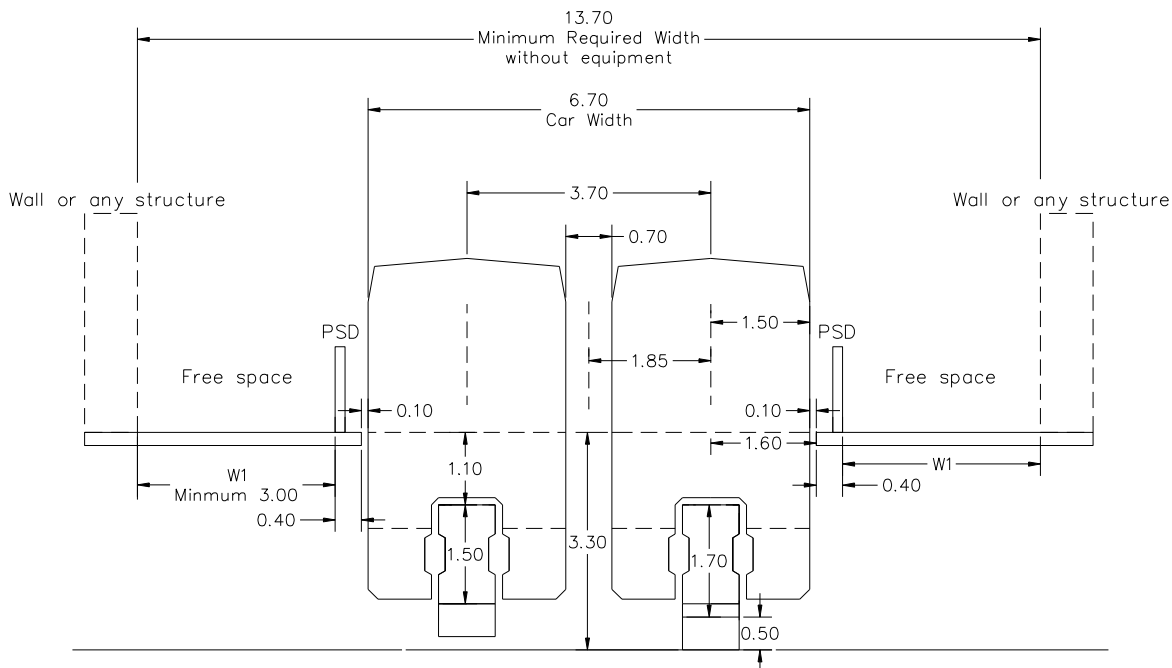
コンコースの階層では、列車に乗る利用者は切符を買い、ゲートを通過する。もし利用者が列車運行情報を必要とする場合は、コンコース階の事務所駅員が手助けする。

全てのモノレール駅は高架構造で主に道路真上に位置するため、歩道橋や階段といったアクセス通路を設置して道路階とコンコース階を接続する。アクセス通路を両側の道路からコンコースを通して繋ぐことで、モノレールを利用しない歩行者も道路を横断するために歩道橋を利用できる。

駅は乗務員室を除き、外気に開放された構造とし、空調は設置せず自然換気を行なう。

7.6.5 プラットホーム

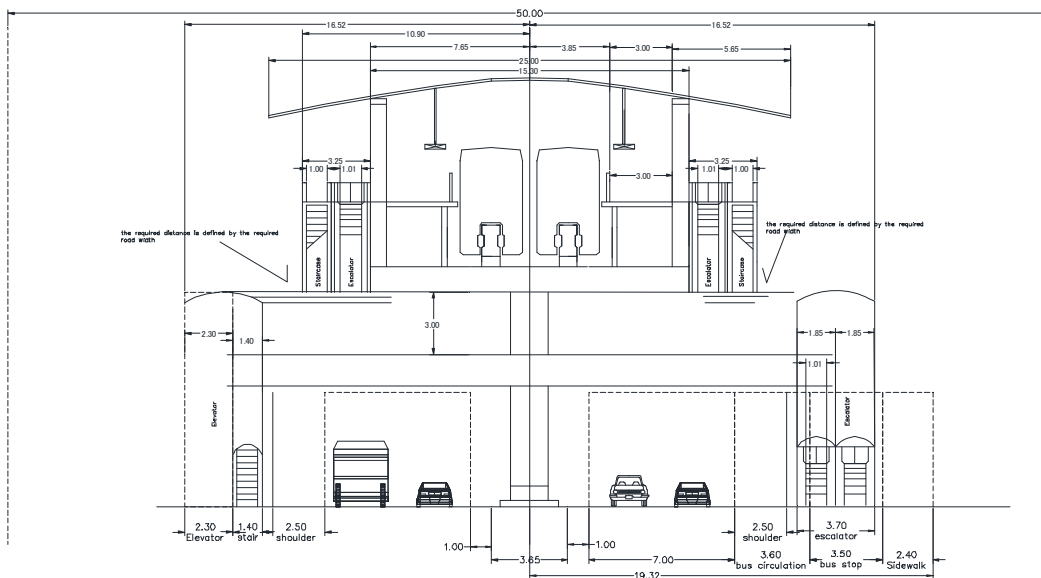
プラットフォーム階における断面は以下の図に示す通りである。



出典：調査団

図 7.11 駅断面図（プラットフォーム階）

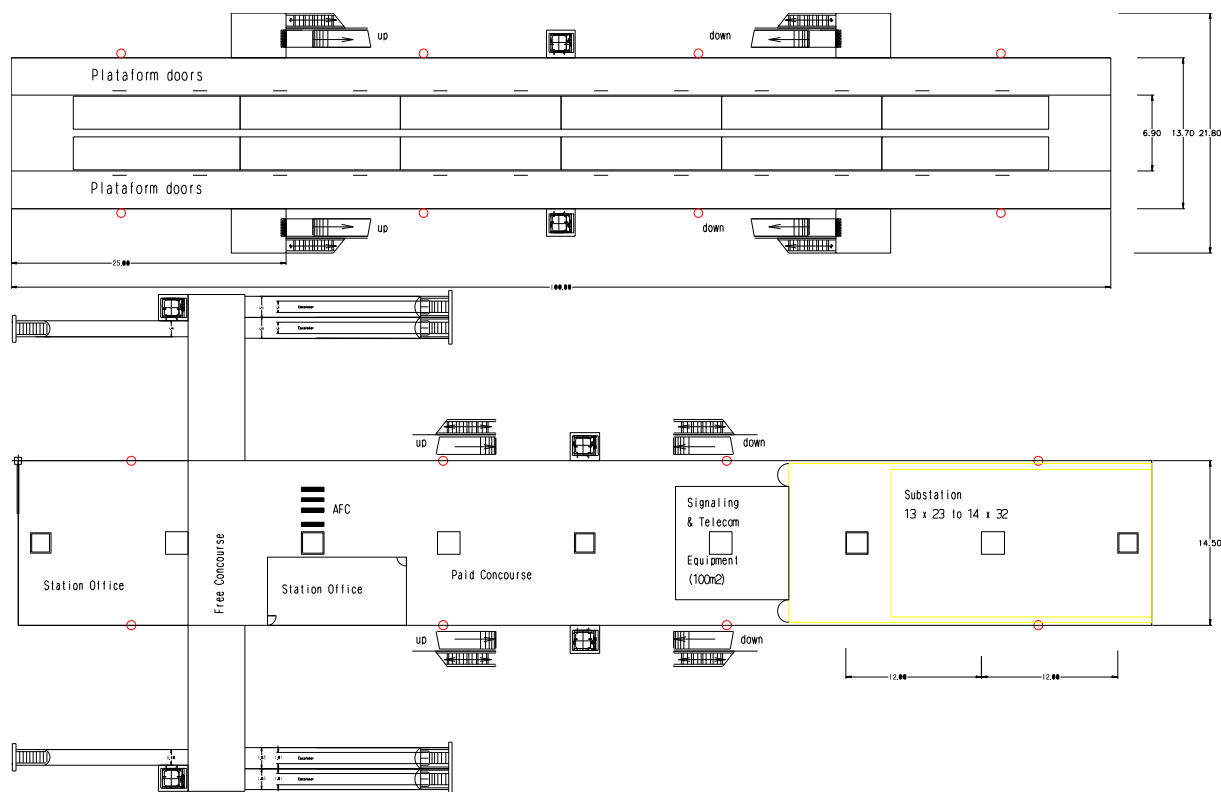
標準駅（アルブルックとヌエボ・チョリーヨ駅を除く全駅）における駅部必要幅員は38.64mとなる。これは駅部に設置するバス停に必要な道路幅員や歩道幅員を考慮したもので、プラットフォーム階は屋根の支柱を含めて15.3m、外付けとなる昇降施設（エレベーター、エスカレーター、階段）を含めると21.8mが必要幅員となる。パンアメリカン道路の用地幅員は50mであることから、駅は用地幅員範囲内に収まる予定である。図 7.12 に駅部の道路横断構成を示す。



出典：調査団

図 7.12 駅部道路断面図

駅の平面レイアウトは 図 7.13 のとおりで、プラットホーム階のホーム端から各 25m の位置に階段とエスカレーターを設置し、プラットホーム中央にエレベーターを設置する。このレイアウトはパナマで採用している NFPA130 の安全基準を満たすものとなっている。コンコース階は切符販売口、改札ゲート、駅事務所、電気室と信号通信機器室に加え、変電施設が設置される。図 7.13 は変電施設を設置する場合のレイアウト例を示している。



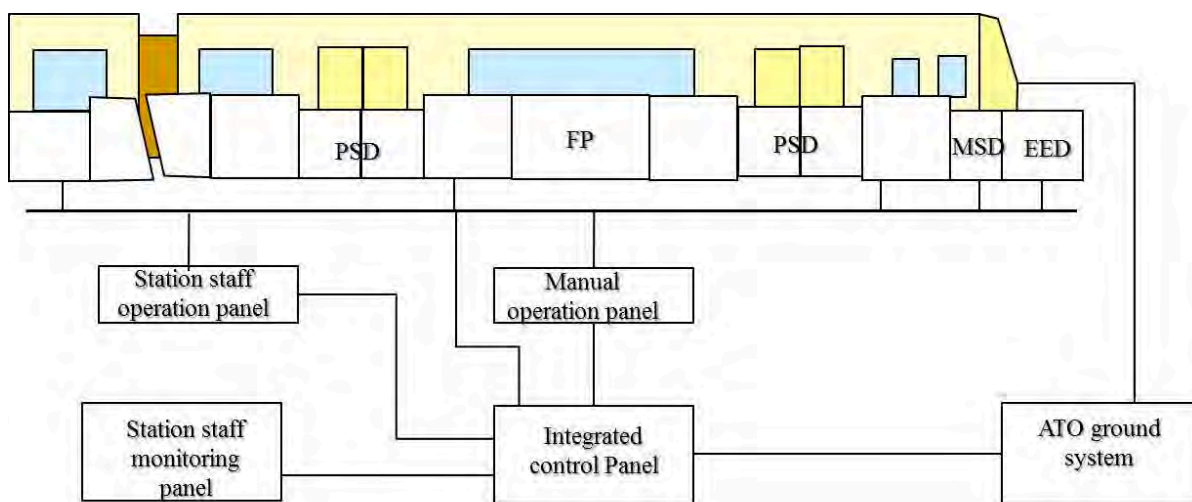
出典：調査団

図 7.13 駅平面レイアウト図

7.6.6 プラットホームスクリーンドア

以下の目的のため、プラットホームスクリーンドア（PSD）を導入する。

- a) 旅客の安全性確保
- b) 一般人の軌道への進入の抑制
- c) 旅客の落下事故防止
- d) プラットホーム対応駅務員の省力化



Note; PSD; Platform Screen Door, MSD; Manual secondary Door, EED; Emergency Escape Door, FP; Fix screen Panel

出典：調査団

図 7.14 PSD システムの概略構成

7.6.7 自動料金収集システム

パナマメトロ 3 号線システムは、多数の乗客を対象としている。チケット発行や料金収集は、システムの効率的かつ適切な運営に重要な役割を果たしており、運賃逃れなしの正しい運賃収集のためのミッションを持っている。この目的を達成するために、自動料金収集システム及び非接触 IC カードを導入する。

非接触 IC カードは、メトロバス及び 1 号線で採用されているタイプ A の導入が想定されるが、電子マネー等への応用可能なタイプ C の導入も考えられる。

格納式フラップタイプのコントロールゲート例を図 7.15 に示す。



出典：調査団

図 7.15 格納式フラップタイプのコントロールゲートの例

必要なゲートの数は、ゲートあたりの平均通過人数を1分あたり45人と仮定して計算した。

表 7.7 AFCゲートの設置台数

Station	Board			Alight			Total No. of Gates
	To West	To East	No. of Gates	From West	From East	No. of Gates	
Albrook	2,472		1	20,582		8	10 (R)
Balboa	113	205	1	290	179	1	2
Panama Pacifico	534	392	1	309	0	1	2
Loma Coba	1	1,079	1	16	48	1	2
Arraijan	193	2,577	2	159	196	1	4
Arraijan Mall	6	1,266	1	10	77	1	2
Burunga	4	3,186	2	41	182	1	4
Nuevo Chorrilo	0	1,753	1	10	523	1	2
Caceres	0	711	1	0	180	1	2
Vista Aregre	0	3,517	2	0	345	1	4
Vista Aregre 2	0	1,367	1	0	224	1	2
Nuevo Arraijan	0	1,260	1	0	273	1	2
San Bernardino	0	2,092	1	0	402	1	2
Ciudad del Futuro		2,012	1		694	1	2

R; Reversible type gate

出典：調査団

7.7 交通結節点

7.7.1 駅の種類

開業後、恒久的な大規模輸送システムとして広く市民に利用される為に、モノレールだけではなく、乗り換えのための交通結節点整備を併せて進めていく事が重要である。

乗り換え客の規模、地域特性を勘案し、以下の3つのタイプに乗り換え方法を分類する。

駅の種類	特徴
Major Interchange Station	各種の公共交通機関が集まる駅の機能に加え、周辺の就業地域へのアクセスを考慮
Exchange Station	駅周辺において Feeder 交通を集め、モノレールへの乗り換えを容易にする
Park & Ride Station	幹線道路から離れた地域に住宅地が存在することに加え、公共交通サービスも不足することで、自家用車にて駅にアクセスすることを想定して、駐車場の設置を行うもの

7.7.2 交通結節点におけるユニバーサルデザインの適用

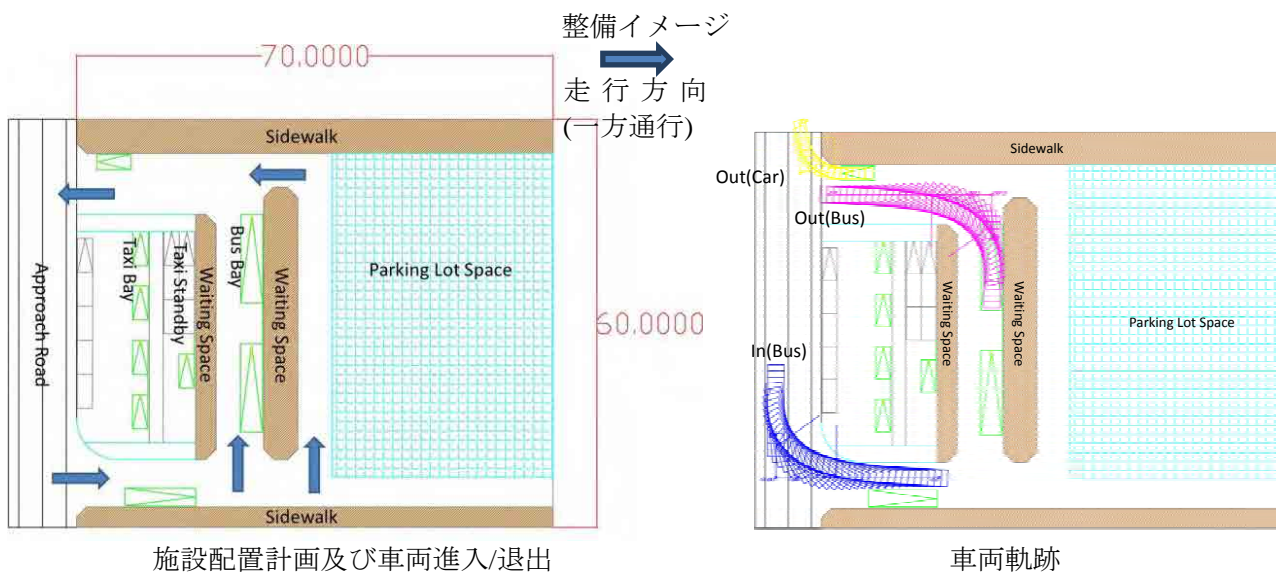
ユニバーサルデザインを適用し、誰もが利用可能な公共交通機関の運営が必要となる。このユニバーサルデザインは、駅施設の設計に適用されることはもちろんのこと、駅周辺における歩道、バス停等、モノレール施設を取り巻く環境の全てへ適用することで、円滑な公共交通機関同士の乗り換えが円滑となる。

7.7.3 交通結節点整備の提案

(1) Major Interchange Station の代表例

大規模な交通結節点として、駅前広場及び Park & Ride 用の駐車場が整備される。以下に整備イメージを示す。



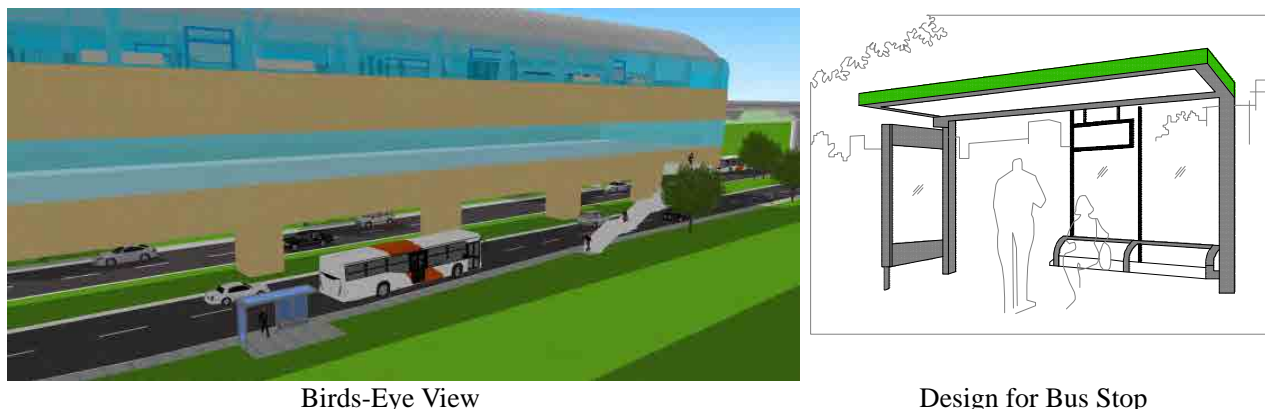


出典：調査団

図 7.16 Major Interchange Station 整備イメージ（案）

(2) Exchange Station の代表例

Feeder 交通からモノレールに乗り換えることを目的とする交通結節点整備を行う。以下に、整備のイメージを示す。



出典：調査団

図 7.17 Exchange Station 整備イメージ（案）

(3) Park & Ride Station の代表例

自家用車からモノレールへの乗り換えを行うため、大規模な駐車場を駅に隣接する形で設置するものである。以下に、整備のイメージを示す。



出典：調査団

図 7.18 Park & Ride Station 整備イメージ（案）

(4) 交通結節点整備に伴う土地取得

交通結節点整備における土地取得は、ヌエボ・チョリーヨ駅及びビスタ・アレグレ駅において発生する。両駅における、交通結節施設の設置予定箇所は、以下の通りである。



Nuevo Chorrillo 駅 (3,720m²)

Vista Alegre 駅 (4,200m²+Access Road)

出典：衛星画像を基に調査団作成

図 7.19 交通結節点整備に伴う土地取得予定地

各駅の種類と、必要な施設規模は、表 7.8 に示す通りである。

表 7.8 交通結節点整備概要

Station Name	Connect to	Integration Service	Facility Scale for Intermodal
1. Albrook (0+000km) (Major Interchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Integrate with MRT Line-1 and AGNT ➢ Access to Albrook Shopping Mall 	<ul style="list-style-type: none"> ● Connecting to MRT Line-1, AGNT and Shopping Mall 	<ul style="list-style-type: none"> ● Access deck to other facility
2. Balboa (2+050km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Balboa area 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2)
3. Panama Pacific (6+650km) (Major Interchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Panama Pacific and Veracruz area ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Terminal ● Taxi Stop 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (3) ● Minibus Bay (3) ● Taxi Stop (9) ● Taxi Standby (70) ● Pirata Stop (3) ● Short-time Parking (9)
4. Loma Coba (12+400km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Arraijan Area 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (3)
5. Arraijan (14+350km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Access to Commercial Area(Super X-tra) ➢ Internal Bus Traffic in Burunga and Arraijan Area ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay ● Taxi Stop <i>(Sharing with Arraijan Mall)</i> ● Connecting Deck to commercial area 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (7) ● Taxi Stop (25) ● Taxi Standby (24)
6. Arraijan Mall (15+500km) (Major Interchange Station) (Park & Ride Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Access to newly constructed shopping mall ➢ Bus Terminal ➢ Taxi Service ➢ Park & Ride 	<ul style="list-style-type: none"> ● Huge Sized Intermodal Facility ● Connecting Deck or pedestrian to commercial zone 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2) ● Taxi Stop (3) ● Taxi Standby (2) ● Short-time Parking (3) ● Multilevel Parking (780)* (* Shared Use with Commercial use)
7. Burunga (16+400km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Burunga Area 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2)
8. Nuevo Chorrillo (17+850km) (Park & Ride Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Nuevo Chorrillo ➢ Taxi Service ➢ Park & Ride 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay (Internal Bus Traffic in Nuevo Chorrillo Area) ● Park & Ride Space included Taxi Stop 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2) ● Taxi Stop (3) ● Taxi Standby (5) ● Short-time Parking (3) ● Multilevel Parking (160)
9. Cáceres (19+600km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2)
10. Vista Alegre (21+450km) (Major Interchange Station) (Park & Ride Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Arterious Bus Traffic from Vacamonte ➢ Taxi Service ➢ Park & Ride 	<ul style="list-style-type: none"> ● Huge Sized Intermodal Facility 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (3) ● Taxi Stop (5) ● Taxi Standby (5) ● Pirata Stop (1) ● Short-time Parking (3) ● Multilevel Parking (330)
11. Vista Alegre 2 (22+350km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Access to Commercial Area (Super Rey) ➢ Access to West Land Mall ➢ Internal Bus Traffic in Nuevo Arraijan Area ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay ● Taxi Stop ● Connecting Deck to commercial zone 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (2) ● Taxi Stop/Standby (5)
12. Nuevo Arraijan (23+550km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Nuevo Arraijan Area ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay ● Taxi Stop 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (4) ● Taxi Stop/Standby (8)
13. San Bernardino (24+300km) (Exchange Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in Nuevo Arraijan Area ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal Bus Bay ● Taxi Stop 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (4) ● Taxi Stop/Standby (13)
14. Ciudad del Futuro (26+100km) (Major Interchange Station) (Park & Ride Station)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Internal Bus Traffic in La Chorrea ➢ Park & Ride ➢ Taxi Service 	<ul style="list-style-type: none"> ● Huge Sized Intermodal Facility 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bus Bay (7) ● Taxi Stop (16) ● Taxi Standby (20) ● Pirata Stop (3) ● Short-time Parking (4) ● Parking (780)

出典：調査団

7.8 車両基地

7.8.1 車両基地の規模と位置

(1) 車両基地の規模

車両基地には、モノレール車両を留置、検修するための留置線、車両検修工場、車体洗浄施設およびタイヤ交換施設等に加え、都市交通3号線全体の運行に係る運行管理センターが入る管理棟、変電所、倉庫等の施設を設ける。

2050年までの需要予測に基づく必要列車編成数は、2022年（開業年）に26編成、その後3駅の将来駅の開業を考慮した場合、2050年には32編成となる。いずれも6両固定編成とする。この内、2編成はアルブルック駅、1編成はパナマ・パシフィコ駅、1編成はヌエボ・チョリーヨ駅に夜間留置する。更に、将来延伸した場合に備えて、車両基地には10編成分の留置線を追加可能なスペースを確保する。その他に必要な施設と設備のスペースを考慮すると、車両基地用地の広さは、約10ヘクタールとなる。

(2) 車両基地の位置

車両基地の位置は、下図に示す4箇所の候補地を比較検討した結果、候補地-4が最適と判断された。候補地-4は、パンアメリカン道路沿いのヌエボ アライハンの西側の高台にある。土地の造成が必要であるが、候補地の中で最も広い面積を有する。



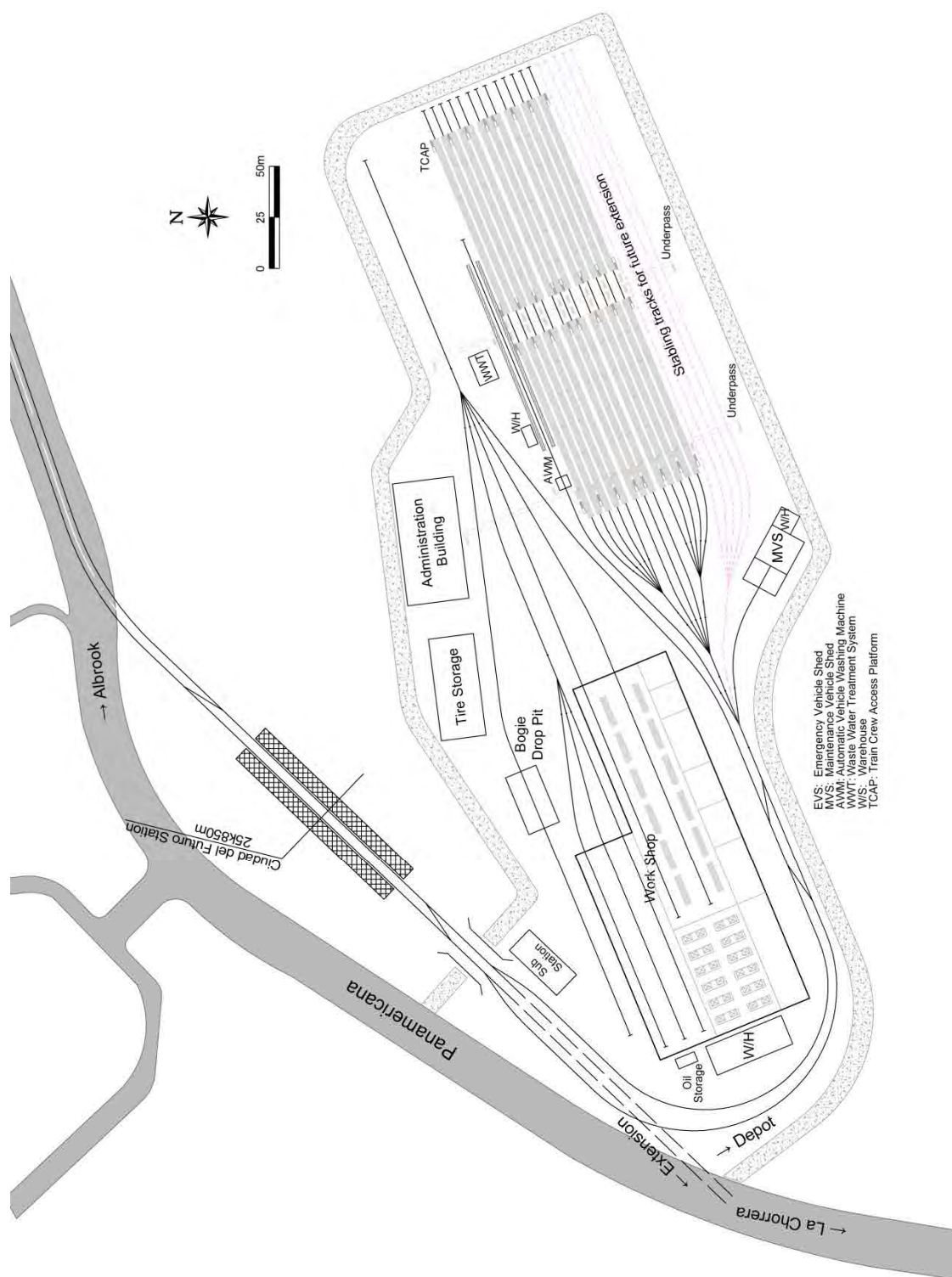
出典：調査団

図 7.20 車両基地候補地

7.8.2 車両基地と車両工場

(1) 車両基地のレイアウト

車両基地のレイアウトを図 7.21 に示す。

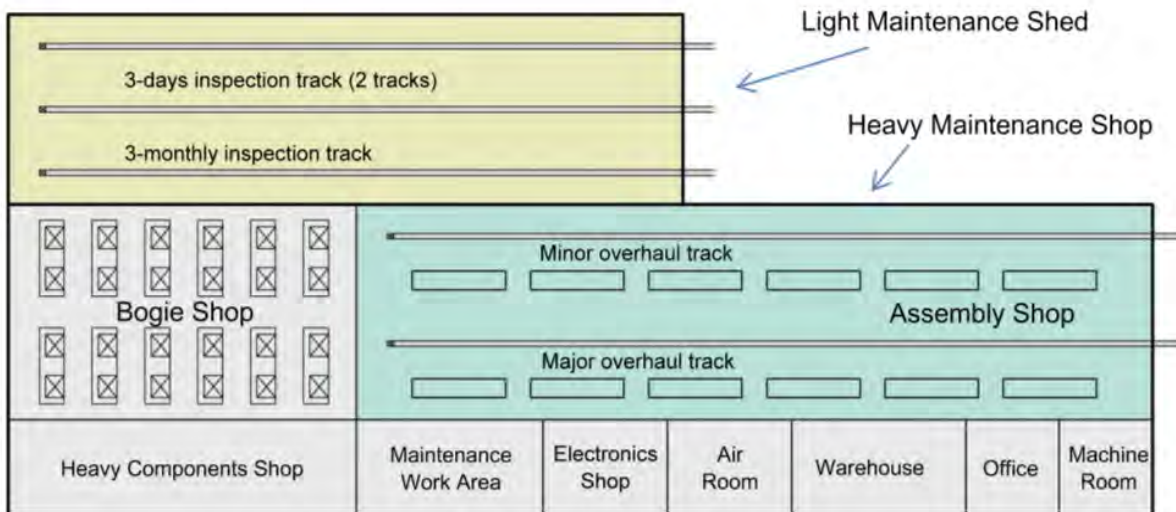


出典：調査団

図 7.21 車両基地のレイアウト

(2) 車両工場

車両工場のレイアウトを図 7.22 に示す。



出典：調査団

図 7.22 車両工場のレイアウト

7.9 き電・変電

7.9.1 電力供給システム

(1) パナマにおける電力供給状況

パナマにおける電力供給は、発電会社、送電会社及び配電会社によって行われている。発電会社は数社あり、発電した電力は「EMPRESA DE TRANSMISION ELECTRICA, SA (ETESA)」に送られ、ETESA が送電系統管理を行っている。

一般需要家への供給は、配電会社 2 社によって行われている。調査対象地域周辺においては、ELECTRA NORTE, S.A. (ENSA) が東部地域での電力を供給し、西部地域は、GASNATURAL FENOSA (Gas Fenosa) により供給されている。

本計画の 3 号線に対する電力供給は、全区間を GasFenosa によっておこなわれる予定である。

(2) 都市交通 3 号線に対する電力供給

GasFenosa よれば、今計画の 3 号線の間付近のブルンガで、すでに変電所新設の計画が進行しており、用地取得の準備が行われているとのことであった。この新設変電所は、ETESA の 230kV 送電線を直接分岐（挿入）する、230kV/34.5、13.8kV の変電所であり、3 号線に必要な電圧・容量の電源が確保される。工事完了予定は 2015～2016 年であり、3 号線の試験・開業に十分間に合わせることが可能である。

新設変電所は、230kV の送電線に直接つながるため、信頼度が高くなることが想定できる。230kV の 2 方面 4 回線の電源で運転されることになる。この変電所は最新の信頼性の高い機器類で構成される。3 号線の電力は、そこから他需要家の影響を受けにくい専用線で受電される。

7.9.2 送電系統計画

本事業の必要電力は大きく、開業時で 25MVA（き電用電力 19MVA、附帯電力 6MW）程度、2050 年時点で、30MVA（き電用電力 23MVA、附帯電力 6MW）程度と想定される。裕度を取って 50MVA を供給目標電力とする。本事業の負荷の大きさでは、34.5kV が有利であると考えられる。

送電線の構成については、34.5kV の電圧を前提として、34.5kV 中央電源（ブルンガ）の相互予備（2 回線）方式を採用する。

7.9.3 き電系統計画

車輛への電力供給は直流 1500V 方式とし、IEC に準拠して最高電圧 1900V、最低電圧 1000V とする。変電所の配置には集中方式と分散方式があるが、本事業では分散方式を採用する。また、メンテナンス、及びセキュリティの観点より、全ての変電所を駅内設置とした。本事業におけるき電系統を、図 7.24 に示す。

中央監視設備を OCC 内に設置し、変電所内及び駅電気室の主要機器の制御及び監視を行う。

7.9.4 電車線設備計画

電車線設備は以下の通りとする。

き電区分	変電所の送り出し地点、車両基地への分岐地点、及び第4橋を区分する地点の、運用上必要な個所に設備
標準電圧	1500V（最大1900V）
架線方式	複線式剛体架線、側面接触方式 T型架台（断面積2200mm ² ） トロリー線（断面積170mm ² 、抵抗値0.027Ω）
最大電流	一時間最大電流2700A 短時間最大電流6700A
正電車線防護板	ホーム前面にある部分、分岐器受桁上及び地上高が規定値に満たない部分に設置
車体接地板	負電車線上部の軌道桁、各駅のホームに設置
避雷器	変電所の引出部、分岐部、電車線等に設置 上下線の正電車線用・負電車線用に各2組、計4個を避雷器箱に納める 正電車線側に直流1500V用、負電車線側に直流600V用の定格 電車線本線においては500m間隔

7.9.5 配電設備計画

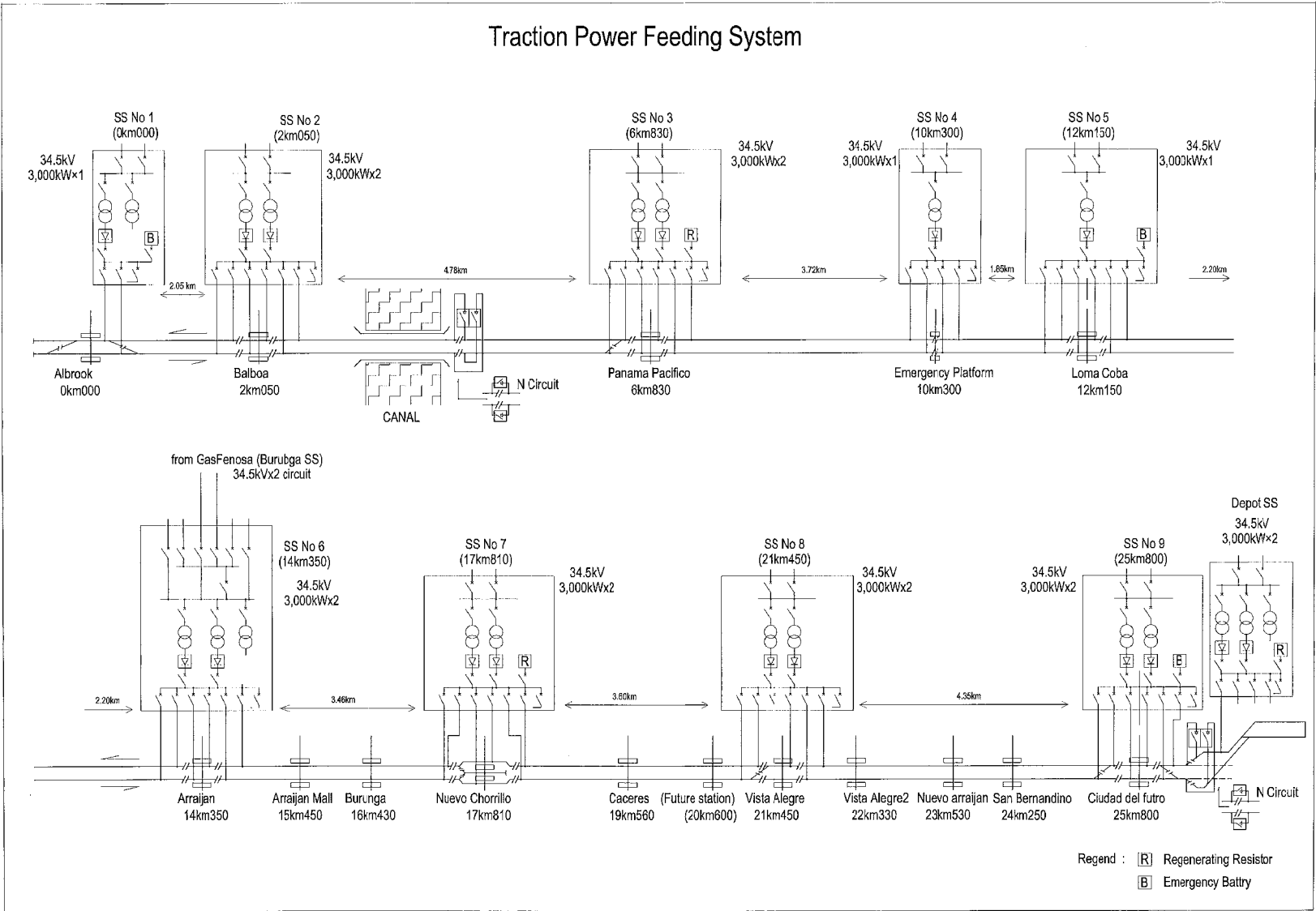
配電線路構成はき電用変電所に設備された配電用変圧器の2次側から、交流13.8kVに変換された回線にて各駅、車両基地に配電される。

配電用変圧器は両端のき電用変電所及び中間のき電変電所（SS5）の合計3ヶ所に設備される（図7.24下段参照）。

配電線の電源が停電した場合に対して、各設備は独自にUPS等を設置する。

各駅に設置される配電用の主要機器についてはOCCのSCADAシステムにより監視及び制御する。

配電ケーブルは、15kV XLPE-T 95mm²を使用し、片側の桁下に設置するケーブルラックに敷設する。



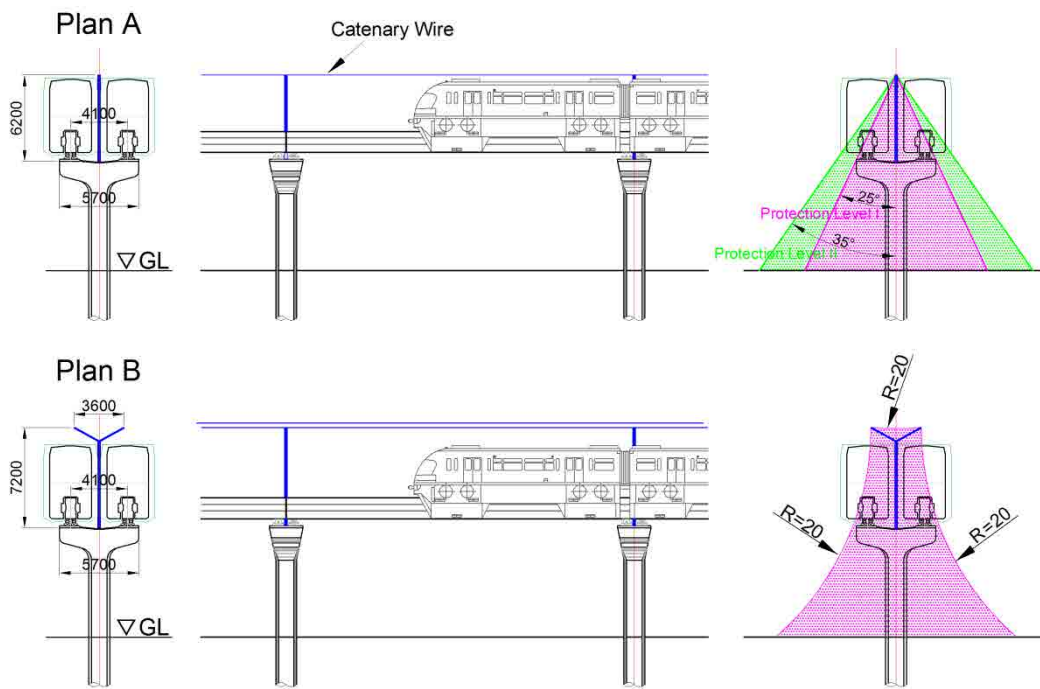
出典：調査団

図 7.24 電系統図

7.9.6 落雷対策

保護の対象物は、モノレールの軌道桁と、軌道桁周辺の電車線およびケーブルとする。モノレールの外部雷保護システムの受雷部には水平導体（架空地線）を用い、下図に示すように、保護範囲に軌道桁を含むように軌道上空に架空地線を設置する。

本事業では費用対効果や景観を考慮して Plan A を基本とするが、保護レベルを高める必要がある区域では、突針（避雷針）の併用や Plan B の採用を検討する。



出典：調査団

図 7.25 架空地線の設置案と保護範囲

7.10 信号

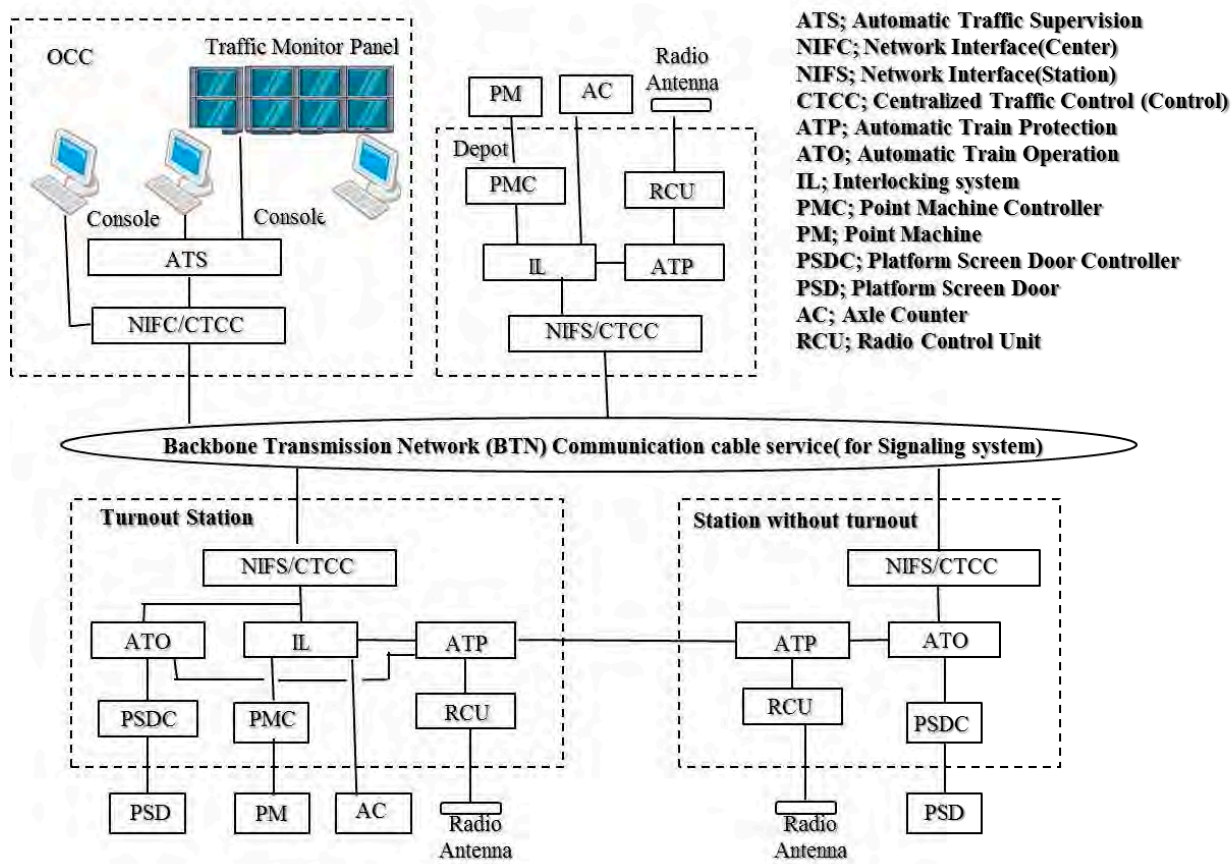
都市交通3号線における信号システム概念を述べる。

表 7.9 信号システムのコンセプト概要

Item		Basic Concept
Standard	主要適用規格	a) IEC 62278: Railway Applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) b) IEEE1474.1, 2,3: Standard for Communication-Based Train Control (CBTC)
	安全設計	下記では SIL4 (Safety Integrity Level 4) の安全性設計が要求される。 a) ATP b) TD c) IL d) Common components of ATP and ATO
信号システム	ATP (列車防護)	固定閉塞方式、移動閉塞方式を検討したが、移動閉塞方式、具体的システムとして CBTC (Communication Based Train Control) を推奨する。
	TD (列車検知)	ATP 方式が CBTC なので、CBTC を使った列車検知方式とする。またバックアップ用列車検知として、アクセルカウンタを使用する事を推奨する。
	IL (連動装置)	システムの構成方法として分岐器のある駅すべてに連動装置を設置する方法と一部の分岐器は当該駅に連動装置を設置せず、他の駅の連動装置から遠隔制御する事により、連動装置の設置台数を削減する方法がある。後者の方式を推奨する。
	ATO (自動運転)	ATO 付きワンドライバ運転
	ATS (運行管理)	OCC での運行監視とダイヤに従った自動進路制御
デポシステム	車両留置ヤード	運転士による手動運転(車上 ATP による 15km/h 以下の速度制限付き)、信号はデポ連動装置からの制御による路側信号機による。CBTC、ATO 機能はない。
	保守ヤード	路側信号機による手動運転
システムが故障した時のバックアップ	CBTC	駅間 1 閉塞運転、信号は路側信号機、列車検知としてアクセルカウンタが適用される。駅間には 1 列車のみの走行が許される。駅間が長い区間には閉塞を分割する事も可能。
	ATS (運行管理)	マニュアルの進路設定が OCC のバックアップコンソールから実施可能。
	OCC (運行管理センター)	OCC からのマニュアル進路設定もできなくなった場合、駅の連動装置の端末から分岐器の制御を行う事ができる。
	IL (連動装置)	路側にある分岐器制御盤からの手動での制御が可能。これも使えない時は分岐器に設置する事ができる手動制御ハンドルを使って分岐器を動作させることができる。

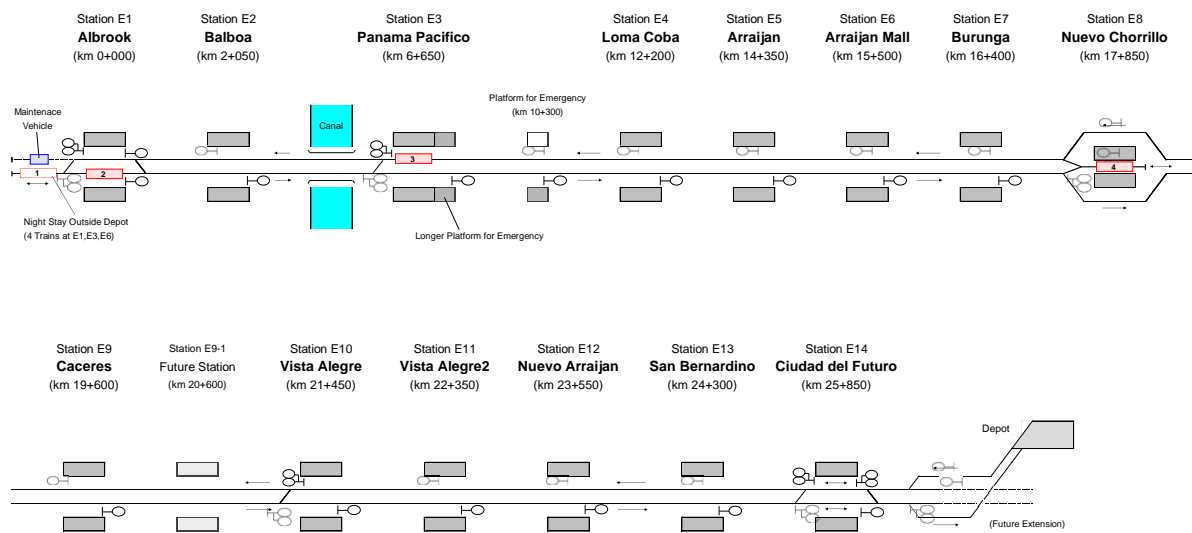
出典：調査団

図 7.26 に信号システム全体の構成図を示す。図 7.27 にメトロ3号線の配線略図を示す。



出典：調査団

図 7.26 信号システムの概略構成図



出典：調査団

図 7.27 都市交通3号線の配線略図

7.11 通信

通信システムに採用される設計基準、機能及び性能を表 7.10 に示す。

表 7.10 設計規準

システム	設計規準
列車無線	スタンダードアンテナまたは LCX アンテナ（本線）、スタンダードアンテナ（デポ）付きのデジタル無線システム 無線周波数: 400MHz または 800MHz 帯. 無線コミュニケーションシステムは音声、データ双方に対応
電話交換	最低 100 ポートの PABX がすべての駅、最低 256 ポートの PABX が端末駅、最低 500 ポートの PABX が OCC に提供される。
指令電話システム	選択的コーリング機能付き集中電話システムが採用されるべき。最低要求は下記のとおり。 - 個別コール - グループコール - ブロードキャストコール - ハンズフリー機能（スピーカとマイクロフォン付き）
CCTV	駅、OCC での監視のために固定カメラが提供される。また LCD が運転士のドア閉の確認のために提供される。
時計システム	集中型時計システムが適用される。マスタークロックに起動されるスレーブクロックの同期を通して行われる正確な時刻の表示と駅、デポ内でのサブマスタークロックがある。これはまた他のシステムとの同期のためにも使われる。
公共案内放送システム	公共案内放送システムはローカルとセンターアナウンスを含め、すべてのプラットホームとコンコースエリアをカバーする。
旅客情報システム	十分な視認性の LED / LCD ベースの表示ボードは、走行中の列車の状況を視覚的に表示、また、緊急時に特別なメッセージを提供するために、すべての駅利便性のある場所に提供される。
基幹ネットワークシステム	SDH または Gbps/Mbps イーサネット
インターフェイス	共通・国際標準インターフェイスをできるだけ適用する。
システム冗長化 (主要システム)	モバイル無線基地局と主要局にはフル 2 重化システムを適用。光ケーブルはリング構成の提供によるルート冗長化を適用。

出典：調査団