

第 5 章 鉄道及び関連施設の改良計画

第5章 鉄道及び関連施設の改良計画

5.1 鉄道将来計画

5.1.1 鉄道局の動向

各鉄道局では、近年、幹線を主に輸送力増強を進めてきており、その主な内容は下記のとおりである。

- 軌道強化：60kg/m ロングレール・PC 枕木・30cm 道床厚化を主な内容とする軌道強化を、主要幹線を中心に進めている（対象路線の規格は現在許容軸重 25t ではないが、この軌道構造は軸重 25t に耐えられる規格であり、DFC プロジェクトのフィーダーに指定されてもそのまま対応できる）。
- 橋梁架け替え：Indian Railway は 100 年を遙かに超える歴史を持っており、ガンジス河を始めとする大河及び中小河川の橋梁（鉄橋）の老朽化が進んでいる。延長約 3,000m にものぼる Sone 河橋梁（Sonnagar-Derhi On Sone）、その他の河川において架け替え工事中である。新規に建設する橋梁は原則として軸重 25t 対応としている。
- 複線化、メーターゲージ (MG) のブロードゲージ (BG) 化：Delhi-Kota-Mumbai Main Line 及び Delhi-Allahabad-Howrah Main Line の 2 大幹線は既に複線以上となっているが、これらに次ぐルートには単線が残っており、複線化を進めてきている。また、かつてかなりの比率を占めていた MG の路線の BG 化、BG/MG（各 1 線）区間の BG 複線化も進めている。
- 自動閉塞信号化：これまで一部の都市交通路線等限られた区間にしか採用されていなかった自働閉塞信号システムを、Delhi-Howrah Main line の Ghaziabad・Kanpur 間に設置する計画が進行中である。
- 鉄道局独自の輸送力増強：South Eastern Railway では、管内で完結する石炭等の輸送ルートにおいて、既に独自に許容軸重を 25t とする輸送力増強を実施している（このプロジェクトにおいて、DFC 計画を先取りして、橋梁を架け替える場合には軸重 30t 対応としている）。

最近では DFC 計画に関連するフィーダー線が指定され（未確定）、改良の重点がこれに移りつつある。従って、各鉄道局における改良は、種々の計画はなされているものの、Railway Board が承認した計画として挙げられるものは下記の IRMP のみである。

5.1.2 改良計画

鉄道省は 2004 年 11 月に「統合鉄道近代化計画 2005-2010(IRMP)」を発表した。その内容及びそれらの予算を、DFC 建設の観点から整理すると次のとおりである。計画は 3 つのカテゴリーに分類される。

- 旅客輸送事業
- 貨物輸送事業
- その他の近代化

(1) 旅客輸送事業

サービスの改善がこのカテゴリーの主たる課題である。列車の高速化、清潔な駅および客車、高度な情報技術、適切な情報提供等が主な事項である。予算は Rs. 5,737 Crore（約 1,449 億円）である。Rs. 5,737 Crore の内 Rs. 4,172 Crore（約 1,053 億円）は旅客列車高速化のための最新型車両の導入の費用である。

(2) 貨物輸送事業

貨物輸送事業は直接 DFC プロジェクトに関連している。予算は Rs. 5,213 Crore（約 1,316 億円）である。内容は次の 5 つのカテゴリーに分けられている。

1) 輸送力増強

National Rail Vikas Yojana (NRVY)により、68 件の進行中の事業と 7 件の計画中の事業、計 75 件の輸送力増強事業の完成を図る。予算は Rs. 4,390 Crore（約 1,109 億円）である。

2) 40 駅の近代的貨物駅の開発

より迅速な積卸し・折返し及びサービス改善を目的として、40 駅の近代的貨物駅を開発する。予算は Rs. 12 Crore（約 3 億円）である。

3) オペレーション及びメンテナンスの近代化

ウェブベースのクレーム処理システム、オペレーション関連システムの拡張、メンテナンスの近代化、RoRo 配達サービス、機関車の位置識別等に関する開発を行う。予算は Rs. 214 Crore（約 54 億円）である。

4) 新式貨車及びブレーキ系の採用

耐腐食性を目的とするステンレス製貨車の導入、積載重量増加のための軽量アルミニウム製貨車の導入、信頼度と安全性を改善するための緩急車の近代化及び台車装架ブレーキ装置の導入を図る。予算は Rs. 489 Crore（約 123 億円）である。

5) その他

その他については、IRMP の中では予算は示されず、項目のみが羅列されている。貨物列車の特定区間 100km/h 走行、高軸重貨車の特定区間走行、ターミナル付近の民間倉庫の活用、ダブル・スタック・コンテナの実験的導入などが挙げられている。

(3) その他の近代化

旅客輸送事業・貨物輸送事業に関するもの以外の近代化の予算は Rs. 12,995 Crore（約 3,281 億円）である。これらは、経営目標達成を支援するための主としてインフラストラクチャー近代化に充てられている。インフラストラクチャー投資は、鉄道近代化投資の主たるものである。この項目は IPMP の中では次の 7 つのカテゴリーに分けられている。

1) 軌道の近代化

列車運行上の安全性確保及び高速列車運転のために、幹線を主に軌道強化を行う。これにより軸重 25t にも対応可能となる。予算は Rs. 3,812 Crore（約 962 億円）である。

- 軌道構造の強化、即ち 60kg/m レール化、PC 枕木化及び弾性締結装置の採用
- ロングレール化
- 超音波レール試験(SPURT)車の採用
- 軌道メンテナンスの機械化
- 軌道メンテナンス用モバイルのメンテナンスユニット(MMU)の導入
- モバイルのフラッシュバット溶接機の導入
- 溶接可能なキャストマンガン鋼(CMS)製クロッシングの採用
- 最新応力測定法の採用によるロングレールの安全性の確保
- ひび割れ予防措置としてのレール研削
- 軌道モニタリング・検査装置の近代化

2) 橋梁の近代化

橋梁の近代化としてここに挙げられているのは主として試験、モニタリングおよびメンテナンス向けである。予算は Rs. 945 Crore（約 239 億円）である。

- 近代的総合橋梁管理システムの導入
- 最新の検査技術、およびインド鉄道橋梁用の高度に発展した技術の採用
- 近代的技術分野における橋梁に関わる研究およびプロジェクトの情報収集

3) 信号・通信システムの近代化

現代の交通機関に求められている高いレベルの安全性及び効率性を確保するため、信号・通信システムの近代化は非常に重要な課題である。予算は Rs. 3,543 Crore (895 億円) である。

- 旧式な連動装置の動作記録装置付継電連動／電子連動への置換え
- 特定区間における、全駅間の軌道回路による閉塞の完成
- 列車防護および警報システム(TPWS)
- 車軸カウンター(BPAC)によるブロック確認
- 信号冒進危険予防機能付衝突防止装置(ACD)
- コンピュータ列車管制センター
- 携帯型列車無線通信
- 列車管理・情報システム
- 鉄道 HUB への V-SAT ターミナルのリンク、遠隔配置用の FOIS、PRS、UTS& MIS

4) 電気機関車の近代化

電気機関車近代化の予算は Rs. 1,870 Crore（約 472 億円）である。

- Chittaranjan Locomotive Works (CWL)におけるインバータ制御機関車の製造
 - IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)による電気機関車用インバータ制御器の開発
 - 乗組員に配慮した電気機関車の提供
 - 追加のシミュレータの準備
- 5) ディーゼル機関車の近代化
- ディーゼル機関車近代化の予算は Rs. 2,306 Crore（約 582 億円）である。
- 高出力インバータ制御ディーゼル機関車製造
 - 乗組員に配慮したディーゼル機関車の提供
 - ドライバーのトレーニングのためのシミュレータの導入
- 6) 災害管理の近代化
- 列車事故時の救援・救助は、列車運行の高速度化・長編成化・重量化傾向によりグレードアップが必要とされている。予算は Rs. 387 Crore（約 98 億円）である。
- 救助および医療援助能力を備えた自走式事故救援列車(SPART)の採用
 - アクセス困難なエリアにアクセスするための道路・線路兼用走行車の採用
 - バンガロールに救助と医療援助の研究所を設立
 - 道路走行の迅速レスポンス用の緊急救助車の導入
- 7) その他の新規構想
- その他の新規構想の予算は Rs. 132 Crore（約 33 億円）である。
- 鉄道安全性向上の技術ミッションの確立
 - 専用テストトラックの建設
 - 長期計画決定サポートシステムによる投資計画プロセスの最適化
 - インド鉄道のネットワークおよび財産／設備管理への地図情報システム(GIS)導入
 - 列車原価計算制度の近代化

5.1.3 実施中／実施確定済みの既存線改良プロジェクト

2006-07 年度までの鉄道省の既存線の改良計画の主な項目としては、信号通信改良、駅構内、複線化、橋梁改良、軌道改良、等があげられる。

これらの改良計画資料は、鉄道省の本社、鉄道局から収集した。その資料はつぎのとおりである。

- 2006-07 Explanatory Memorandum: Railway Budget & Rail Vikas Nigum Limited (RVNL)

Progress of Projects as on June 30th, 2006

- Explanatory Memorandum on Railway Budget for 2005-2006
- Explanatory Memorandum on the Railway Budget for 2006-20
- RITES DFC Pre F/S Report 「在来線の改良計画」

(1) 既存線の改良計画の主な項目とその概要

改良が計画されている設備の中でも信号システム及び駅構内設備改良は少ない投資で最大線路容量増強効果を与えると考える。次に既存線の改良計画の主な項目とその概要を示す。

1) 信号の近代化計画

a) 鉄道省の輸送能力増強計画

上記の現状に対して鉄道省の輸送能力増大計画の方針はつぎの通りである。

- 閉塞区間を 1km－2km（主として 1km）程度に短くした自動信号閉塞方式の採用
- 電子連動装置（SSI）の採用、一部の駅で SSI による CTC の設置導入
- 踏切制御の改良（踏切動作反応灯を採用し、閉鎖信号機を兼ねる方式を採用）
- 列車検知用としてアクセルカウンタまたは AFTC（AF 軌道回路）を採用等

b) 信号改良の 1 事例

上記の改良計画の 1 事例として Kanpur-Gaziarbad 間（412.60 k m）の信号改良プロジェクトを例にとれば、自動信号化（Automatic Signaling）において次のような改良を行っている。

- 電子連動（Solid State Interlocking）の改良
- 信号 3 現示（Main Signal 3 Aspect）の改良
- 転てつ機（Point Machine）の改良
- AF 軌道回路〔Audio Frequency Track Circuit〕（Centre Fed）の改良
- 列車防護&警告装置（Train Protection & Warning Device）
 - On board with CENELEC DMI (with one BTM antenna)
 - On board with simplified DMI (with one BTM antenna)

これらの改良が他の線区でも行われ予定であり、完了すれば鉄道省は Line Capacity は約 100 本/日程度となると想定している。

2) 通信システムの整備計画

- 光ファイバーケーブルの導入
- GSM(Global System for Mobile Communication)ベースの移動通信システムの導入

- 通信システムが整備されていない遠隔地の通信手段の確保のため V-SAT（Very Small Aperture Terminal）の導入
- アナログ交換機の電子（デジタル）交換機への置き換え、シームレスな接続環境の構築のための 2MBPS のインターフィースの統合

3) 複線化(腹付け線増)

単線の複線化、及び大都市近郊（デリー他）での 3 線化から 6 線化が計画されている。単線の盛土・切り腹付け線増の例を次の概略図に示す。

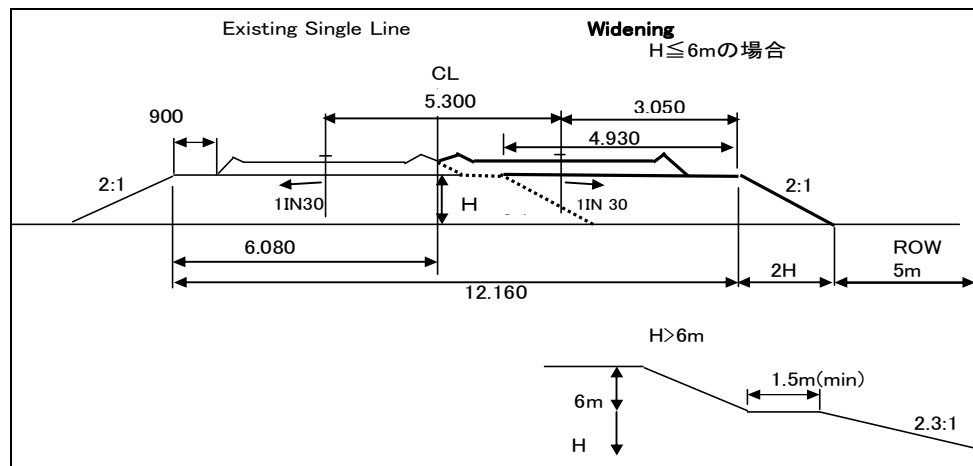


図 5-1 腹付け盛土概略図(非電化区間)

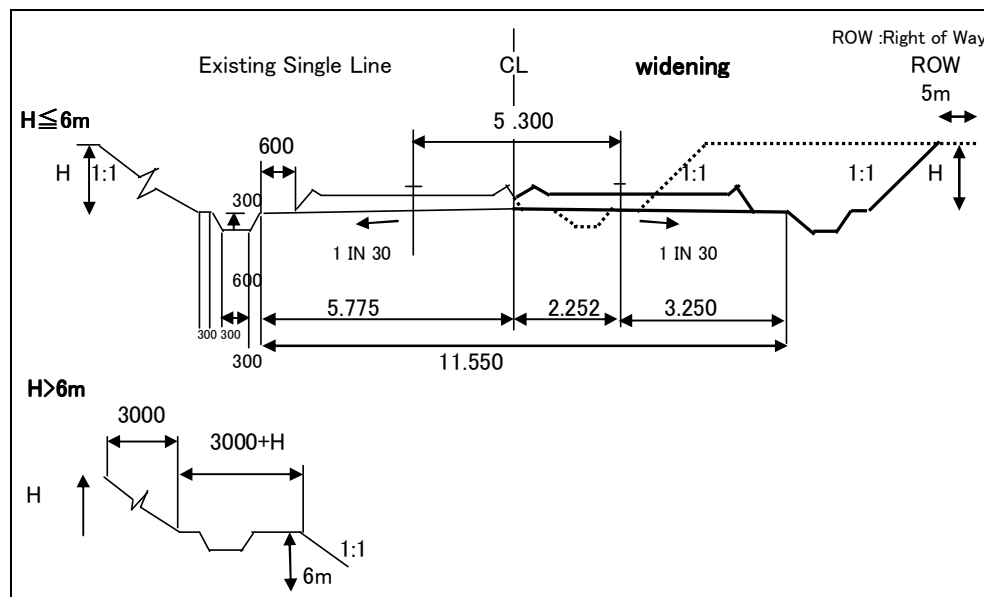


図 5-2 切り概略図(非電化区間)

4) 駅構内

- Loop Line の長さを最少 686m に改良
- 信号とポイント前端的の最小距離を 13m に改良

上記に基づく一部駅の退避線の追加、新設を改良設備とする。

5) 軌道改良

軌道改良の内容としては 60kg、90UTS、PSC-6,1660 に改良する。

6) 橋梁改良

- 複線化に伴う新橋梁の架設
- 旧橋梁の取替え、強化
- ROB (Road Over Bridge)による平面交差の解消

7) メーターゲージのブロードゲージへの変更

(2) 改良の範囲

1) 改良の範囲

東西両回廊における 2005-06 年度、2006-07 年度の鉄道省のデータによる改良範囲を表 5-1 に示す。主として線路容量を増強する信号改良、及び駅構内設備改良を行った区間を示す。

a) 信号改良

信号改良については、東回廊において Sonnagar-Khurja (821 k m)、西回廊において Vasai Road-Vadodara (344.1 k m)、また Delhi 近郊において New Delhi- Palwa (53.7km) が完成、または、今後 2006-07 年の投資を持って、以降継続工事で自動信号化される。

b) 駅構内改良

E1 ルートと W1 ルートにおいて Loop の追加が主である。

表 5-1 DFC 対象路線における既存線改良実績/計画(2005-2007)

項目	東回廊	西回廊
信号改良区間: Km	Sonnagar-Khurja : 821km	Vasai Road-Vadodara : 344.1km New Delhi- Palwa : 53.7km
駅構内改良 : 箇所	Allahabad Div. : 5-Stn(Adll. Loops) Mughal Sarai-Ghaziabad : 4Stn.7Addl. loops	Nagda-Mathura Directional Loops 6 Virar-Surat Addl.Loops 6

出典:2005-06 年度、2006-07 年度の鉄道省のデータによる

2) RITES 報告書による将来計画

信号に関して、RITES 報告書により近い将来計画の予定されている項目、区間、距離等を下表に示す。ただし、2005 年以降 2011 年の何年次に計画されているかは不明である。

表 5-2 RITES 報告書による将来計画区間

装置名	区間	距離/駅数	記事
閉塞装置	Ghaziabad—Sonnagar	883.4km	AF 軌道回路を計画中
電子連動装置	Khurja—Mughal Sarai	102 駅	電子連動化を計画中
踏切装置	Khurja—Mughal Sarai	697.1km	自動化を計画中
運行管理装置	Khurja—Kanpur	40 駅	CTC 化を計画中
閉塞装置	Churchgate—Vadodara	70.1km	DC 軌道回路設備済み

出典:RITES 報告書

5.2 港湾将来計画

各対象港湾からの聞き取り調査および港湾政策等の情報やデータに基づき、各対象港湾における将来計画を表 5-3 に示す。これら将来計画より、将来予想されるコンテナ貨物取扱能力を分析し（一部推計）、それらの結果を

表 5-4 に示した。各州のコンテナ貨物年間取扱能力は 24 百万 TEU 程度まで達することが予想される。

表 5-3 対象港湾における将来計画

対象港湾	将来計画
Mumbai 港	既存港の沖合にコンテナバース3バース、また既存のドックを埋め立てて、大規模なコンテナヤードを建設する計画を有している。
Jawaharlal Nehru 港	現在、JNPT は第4ターミナルの計画を計画しており、この工事が完成すると約4百万 TEU の取扱能力を増加することが可能となる。更に既存において荷役機械の増強および航路・岸壁の増深することにより、全体で 10 百万 TEU までコンテナ貨物能力を上げることが可能である。
Kolkata Dock System	河川港であるため、水深が浅く、大型船の寄港は困難である。
Haldia Dock Complex	Kolkata Port Trust は、Diamond Harbor 整備を短・中期、Sagar 港整備を長期計画と位置付けている。
Gujarat Pipavav 港	長期的に既存港湾施設の北側に掘込式の Multi-Purpose Port を建設する計画を持っている。その規模は、岸壁延長 2,200m、水深-15m である。
Kandla 港	将来的に岸壁、ターミナル、航路浚渫等の開発を計画している。当港の周辺は、石油精製施設、化学肥料工場、パイプライン等が多く存在している。主に工業港の拠点として開発が進むことが考えられる。
Mundra 港	数年内に、Coal Berth (1バース)、LNG Jetty (2バース)、Liquid Cargo Jetty (1バース)および Container Berth (13 バース)の建設計画を有している。 最終的には、バルクバースが 12 バース、コンテナバースが 17 バースの計 29 のバースを有することになる。

表 5-4 対象港湾におけるコンテナ取扱能力(将来想定)

(単位：TEU)

	Maharashtra 州		West Bengal 州		Gujarat 州		
	Mumbai	J.N. port	Kolkata	Haldia	Pipavav	Kandla	Mundra
コンテナ貨物 取扱能力	1,200,000	10,000,000	400,000	300,000	2,500,000	500,000	10,000,000
小計	11,200,000		700,000		13,000,000		
合計	24,900,000						

5.3 道路将来計画

5.3.1 全国道路網整備計画

現在、港湾省の道路運輸部(Department of Road Transport & Highways)の国道局 (NHAI) は、国道改良事業(National Highway Development Project : NHDP)を主要 4 都市 (Delhi・Mumbai・Chennai・Kolkata) で形成される黄金の四角形 (Golden Quadrilateral : GQ) を結ぶ国道とインド国東西南北の終点地域 (Porbandar・Silchar・Srinagar・Kanyakumari) を結ぶ国道を最優先整備路線として、次表に示す段階整備の方針で道路の改修を実施中である。

なお、本国道改良事業 (NHDP) が終了する 2015 年 12 月には、約 50,000km 以上の道路が 2 車線以上で整備されるのみならず、主要都市の環状道路・バイパス・交差点の立体化や Build-Operate-Transfer 方式 (BOT) による有料高速道路が整備される計画となっている。

また、国道以外の州道以下の道路に関しては、各州政府が WB や ADB などのドナーの援助を受け、同一州内の環状・バイパス目的の有料高速道路も含めた州道整備計画を立て、現在整備を実施中である。

表 5-5 道路整備の段階別方針

整備段階	整備方針	延長 (km)	整備予定
Phase I	主要 4 都市 (Delhi・Mumbai・Chennai・Kolkata) で形成される黄金の四角形を結ぶ国道整備	5,846	2008. 12
Phase II	インド国東西南北の終点地域 (Porbandar・Silchar・Srinagar・Kanyakumari) を結ぶ国道整備	7,300	2008. 12
Phase III	BOT により、交通量が多く、Phase-I/II で整備された主要幹線道路と各州都や重要地域を結ぶ国道・州道の整備	10,000	2012. 12
Phase IV	1 車線道路区間を 2 車線拡幅と舗装路肩に整備	20,000	2015. 12
Phase V	4 車線道路区間を将来の交通量増加状況から 6 車線に拡幅整備	6,500	2012. 12
Phase VI	BOT ベースで整備実施予定 但し、現在実施中の Baroda-Mumbai 区間の高速道路建設し、既存 Baroda-Ahmedabad に接続整備は含まず。	1,000	2015. 12
Phase VII	主要都市の道路網改善のための環状道路、開発や人口集中に伴う交通量増加の状況により必要となる立体交差化やバイパスの整備	未定	2014. 12
港湾接続道路	Phase I と II で整備された主要国道から主要港湾設備へのアクセス道路の整備	380	

出典: National Highways Authority of India HP
<http://www.nhai.org/roadnetwork.htm>

前述国道改良事業（NHDP）の整備実施状況を次図に示す。



図 5-3 国道整備事業の実施状況

5.3.2 Delhi 首都圏の道路網整備計画

Delhi 首都圏の開発計画として、インド国都市開発省（Ministry of Urban Development : MUD）の首都圏計画審議会（National Capital Region Planning Board）が、2021 年を目標にした「首都圏地域 地域計画2021 (REGIONAL PLAN-2021 NATIONAL CAPITAL REGION)」(2005 年 9 月)を出している。

本報告書には、NCR の都市開発計画が総括的に記述されており、道路網計画としては、既存調査結果を元に Delhi を中心として約 30km 半径で環状道路の計画が立案されており、既に Haryana 州の HSIIDC (Haryana State Industrial and Infrastructure Development Corporation Ltd.) が、BOT 案件として 4/6 車線の有料高速道路（KMP Expressway と KGP Expressway）を整備実施中である。

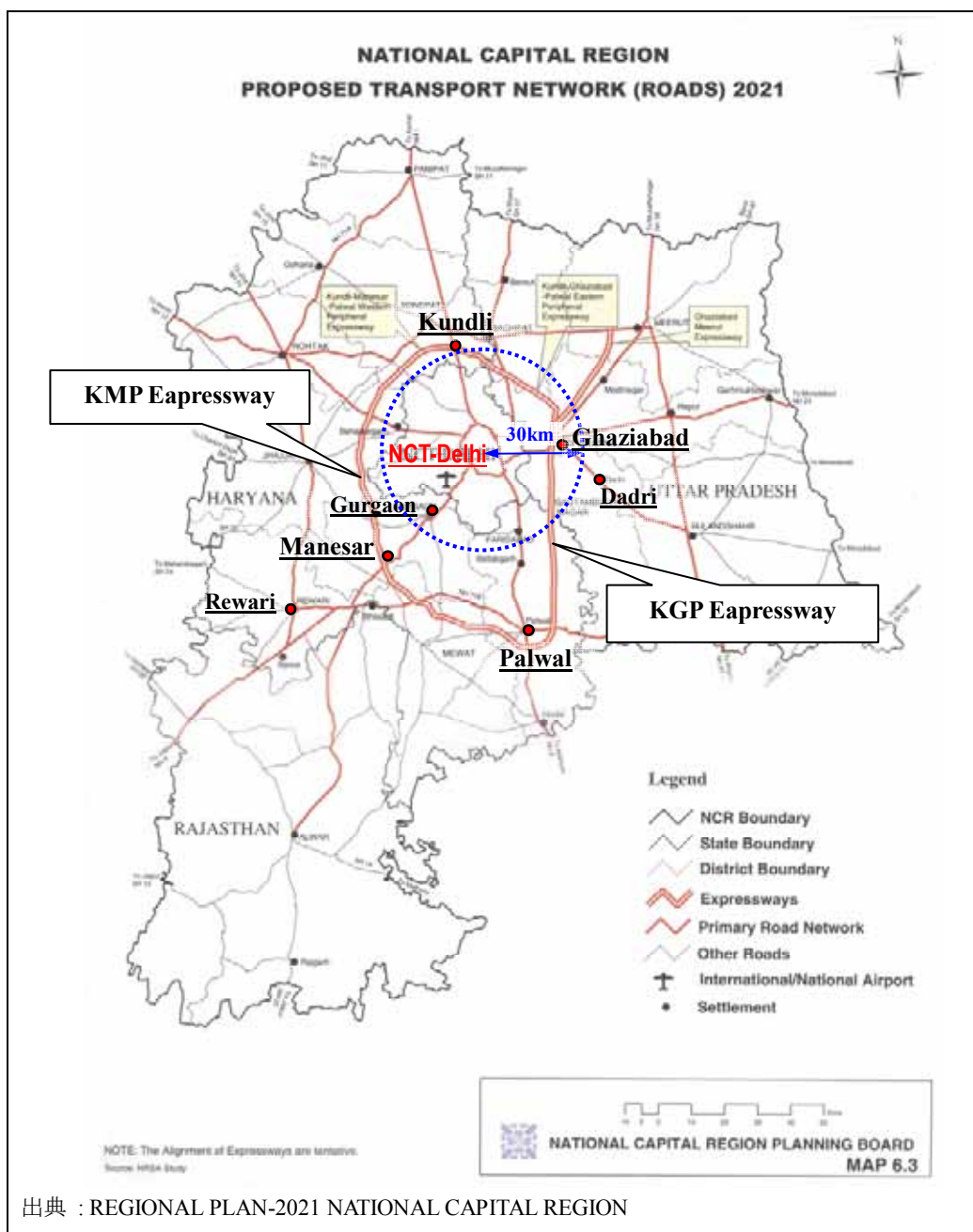


図 5-4 Delhi 首都圏道路網開発計画(2021)

5.4 Delhi 首都圏の ICD 等将来計画

5.4.1 Gurgaon District

(1) 中心部開発計画

2021 年までの Gurgaon District 中心部の開発計画(案)を次図に示す。将来開発計画(案)においては、現在 District 中部・東部 (Delhi 方面) に集中する工業地区に加え、District 西部においても、大規模な工業地区が計画されている。これに対し同計画(案)では、ICD 候補地として、Garhi Harsaru Jn 駅から西方に約 300 ha の Railway Siding 用地が計画されている。現在、上記 Railway Siding 計画用地周辺に幹線道路は無いが、将来的には District 内の工業地区ならびに国道 8 号線へのアクセス可能な幹線道路が整備される計画となっている。

(2) ICD 建設構想

Gurgaon District 内では、District 郊外（都市計画対象地域外）に複数の民間コンテナオペレータによる ICD 建設構想があり、そのうちの一つは 2007 年 4 月に開業を予定している。また、Delhi 首都地区においても、Gurgaon District に近接したエリアでの旅客・貨物の複合ターミナル建設計画が存在する。

1) Patli :

- Garhi Harsaru Jn 駅より約 8km の地点における ICD 建設計画
- 複数の民間コンテナオペレータ会社が ICD 建設を計画
- 2007 年 4 月、Adani 社による ICD がオープン（敷地面積＝20ha）

2) Bijwasan (National Capital Territory of Delhi) :

- Delhi 国際空港に隣接した地区における旅客・貨物の複合ターミナル建設計画
- ICD 用地が CONCOR に提供される予定
- Master Plan for Delhi (2021) に記載あり

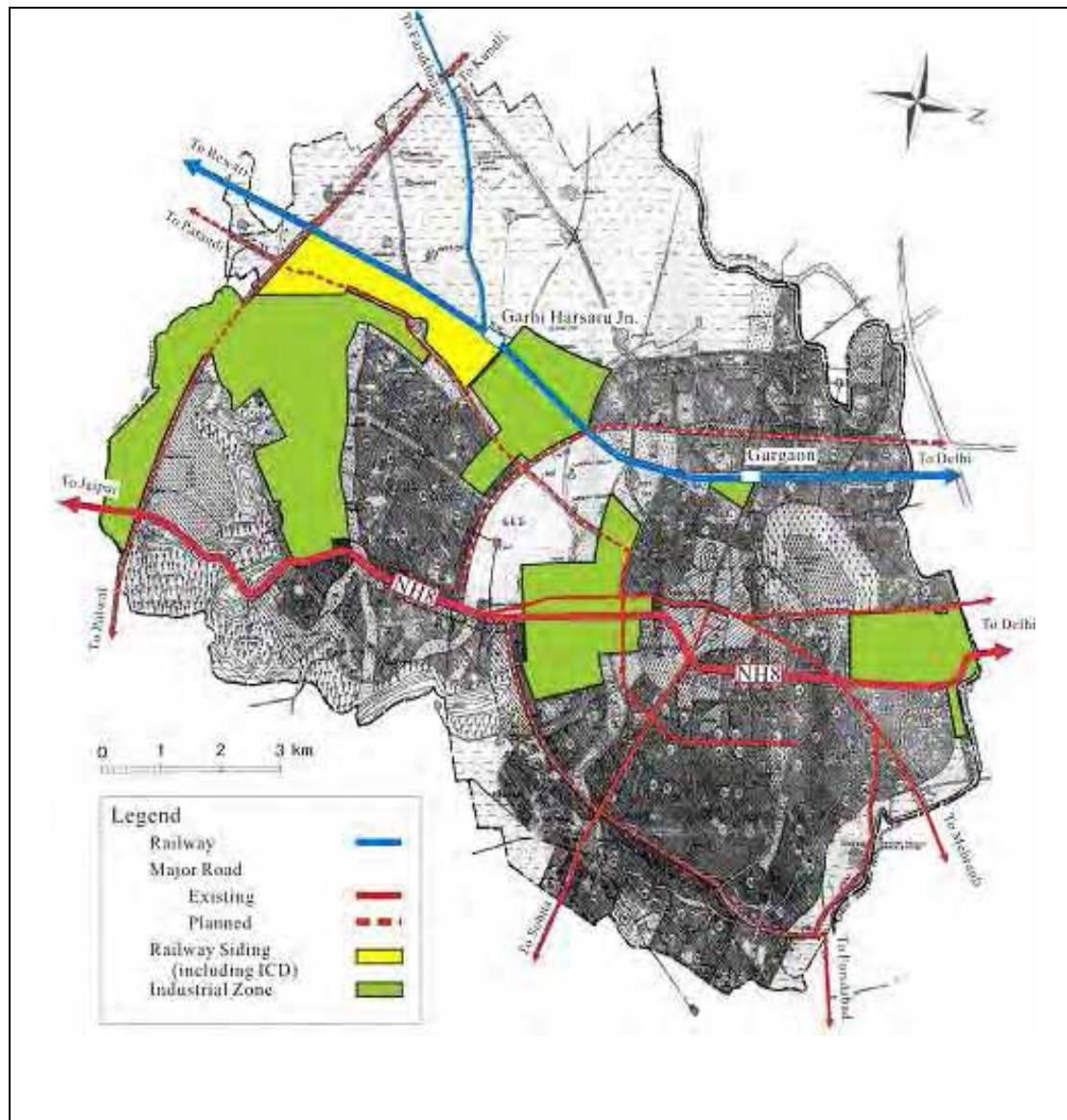


図 5-5 Gurgaon District 中心部開発計画(2021)

5.4.2 Rewari District

(1) 中心部開発計画

2021 年までの Rewari District 中心部の開発計画(案)を次図に示す。同開発計画(案)では、Rewari 駅南西約 5km 地点に Jaipur 方面への線路に隣接して、約 200 ha の Railway Siding 用地が計画されている。これは、CONCOR 社の新規 ICD 建設計画に対応したものであるが、開業年、コンテナ取扱容量などの具体的な計画は未定となっている。工業地区が既存市街地の南東部に計画されているが、Gurgaon District に比べるとその規模は小さい。道路網は 3 環状+放射道路を基本とした計画となっている。

(2) ICD 建設構想

Rewari District には CONCOR 社による ICD 建設構想がある。また、Rajasthan 州の同 District に隣接した地区では、日系企業を主ターゲットとした工業団地建設計画があり、同工業団地からのコンテナ貨物を対象とした ICD の建設も併せて計画されている。

-

図 5-6 Rewari District 中心部開発計画(2021)

5.4.3 Delhi 首都圏の地域

Delhi 首都圏の開発計画としては、インド国都市開発省（Ministry of Urban Development : MUD）の首都圏計画審議会（National Capital Region Planning Board）が、2021 年を目標にした「首都圏地域 地域計画2021 (REGIONAL PLAN-2021 NATIONAL CAPITAL REGION)」(2005 年 9 月)を出している。本報告書の NCR 地域の土地利用計画図を次図に示す。

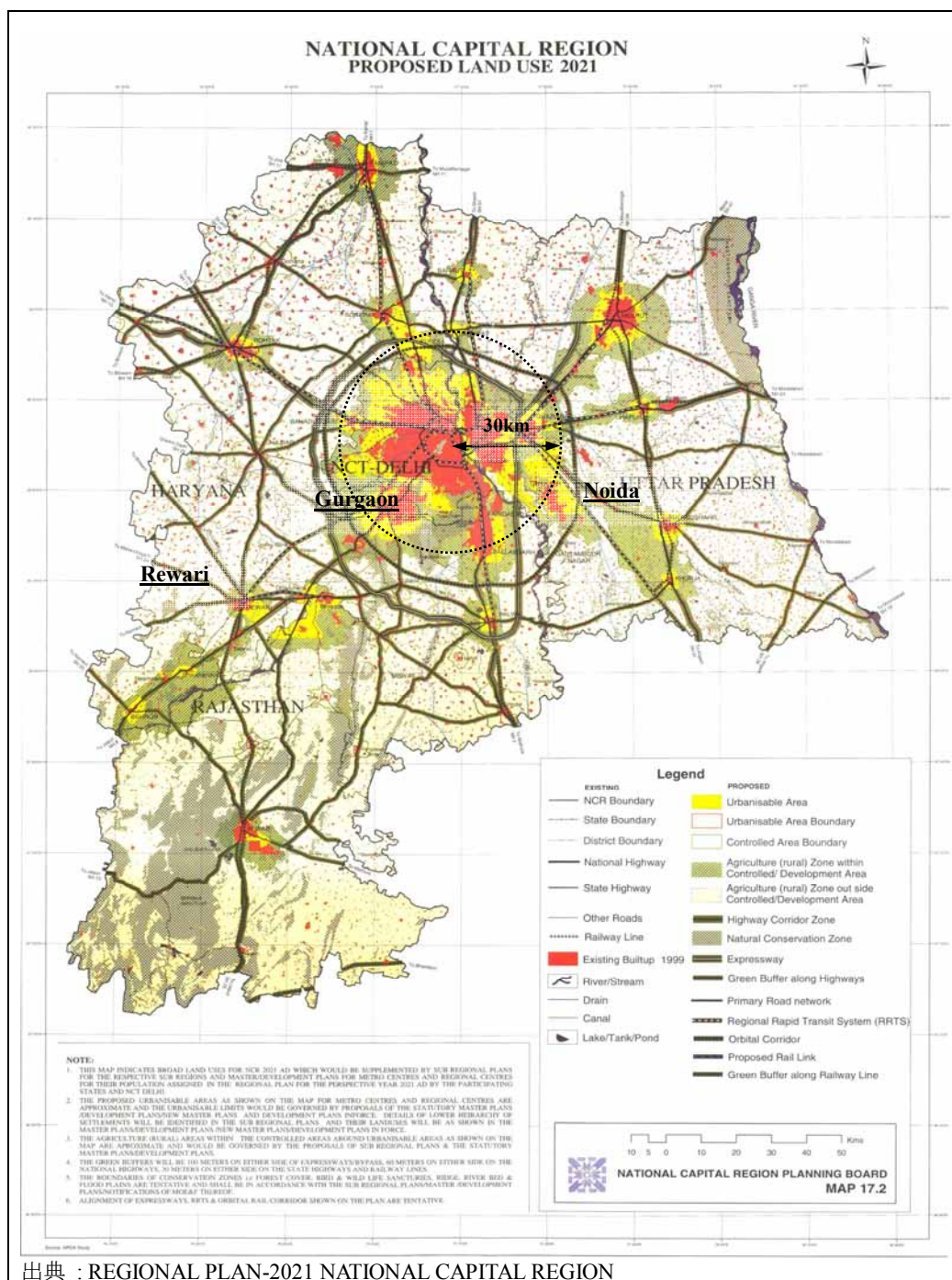


図 5-7 Delhi 首都圏開発計画(2021)

先の土地利用図の他に次図に示す Delhi 周辺に焦点を当てた 2021 年土地利用図も掲載されている。この中で黄色・赤色の着色は住宅地・商業地域、紫色の着色は工業地域、緑色・青色の着色は公園・歴史的地域を示しており、その他のハッチング箇所は空港・鉄道施設等々の公共施設関係の地域を示している。この中の空港南側には、新たな ICD の建設計画がなされている。

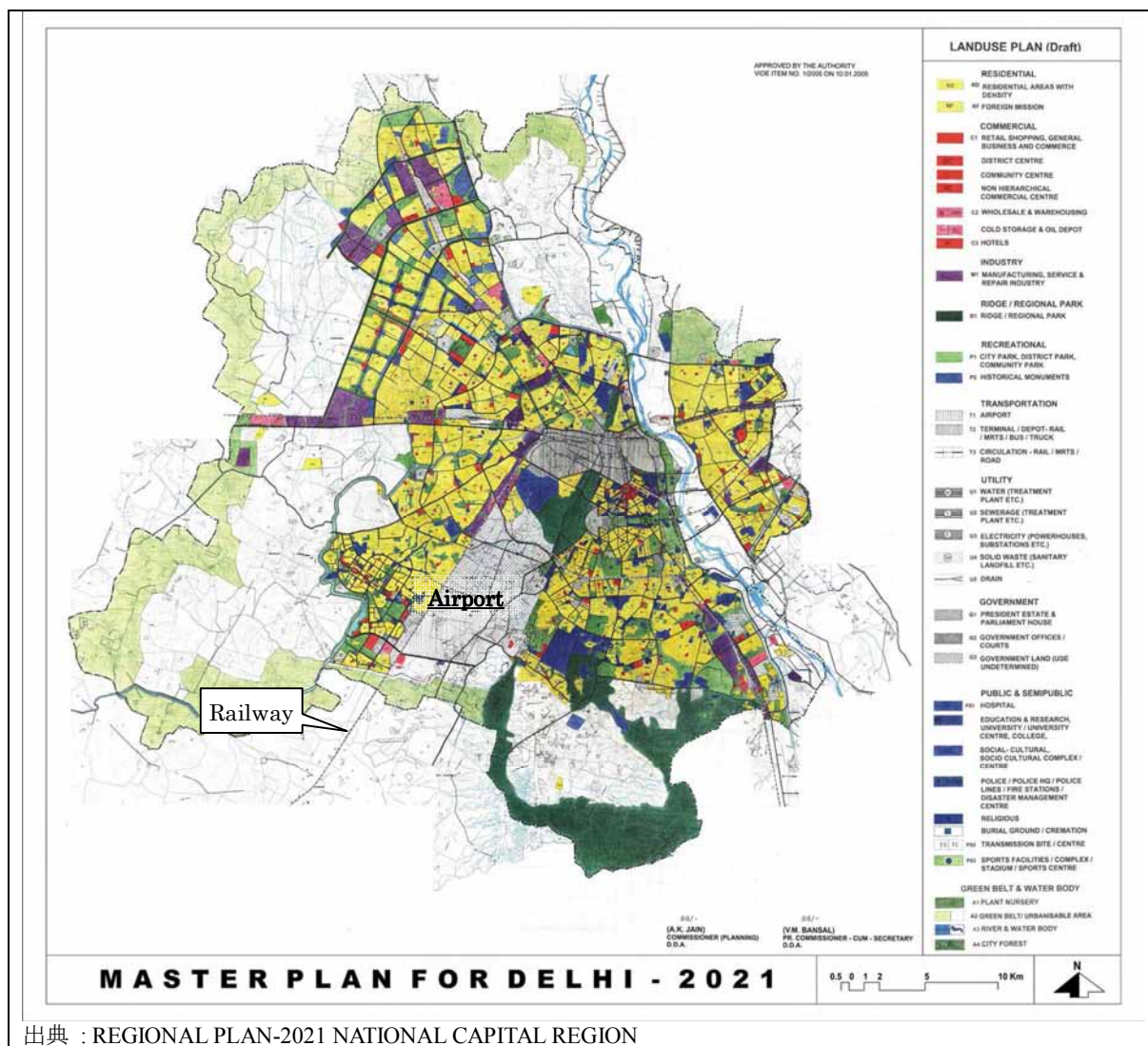


図 5-8 Delhi 首都圏開発計画(2021)

本報告書には、NCR の都市開発計画が総括的に記述されており、交通計画としては、“5.3.2 Delhi 首都圏の道路網整備計画”で述べた環状道路と同様に Delhi を中心として約 30km 半径で環状鉄道の計画が立案されている。

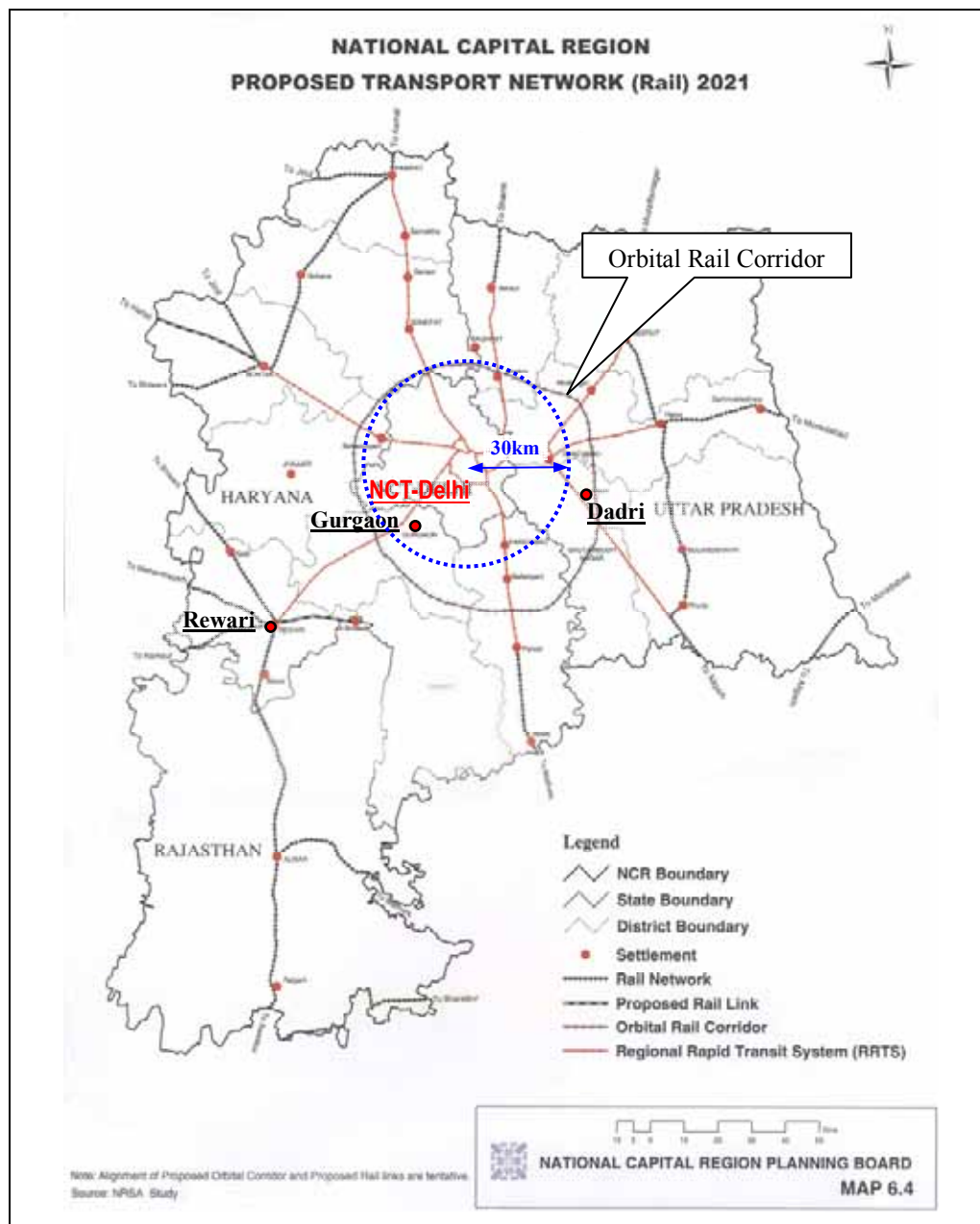


図 5-9 Delhi 首都圏鉄道網開発計画(2021)

第6章 需要予測

6.1 はじめに

6.1.1 タスク 1 の需要予測

本調査においては、鉄道貨物の需要予測は、①貨物新線の妥当性検証（タスク 1）と、②貨物新線のフィージビリティ調査（タスク 2）の二段階で構成される。タスク 1 においては、貨物新線の妥当性を検証する目的で、東西回廊全体の需要予測を鉄道貨物・旅客輸送について推計し、その後 DFC の交通量を推計した。

推計の目標年度は 2031-32 年である。結果は、需給分析と代替案評価、及び初期的経済財務分析に用いた¹。タスク 1 の需要推計は第一年次に実施されたもので、第二年次に実施されたタスク 2 の結果とは完全には一致しない。しかしながら、その違いは大きなものではなく、タスク 1 の結論には影響していない。

6.1.2 タスク 1 の需要予測の構成

タスク 1 の需要予測は以下の内容で構成される。

- 1) 社会経済フレームワークの設定
- 2) 貨物需要予測（次頁の作業フロー参照）
- 3) 旅客需要予測
- 4) 東西回廊全体の交通量推計
- 5) DFC の交通量推計

6.2 社会経済指標の想定

需要予測の前提となる社会経済指標は、以下のように想定した。

人口についてはインド政府人口委員会の推計及び国連の推計値にもとづき、現在の 11 億人から 2026 年に 13 億 4 千万人、2031 年に 14 億 6 千万人に増加すると想定した。州別人口もインド政府の推計値を用いたが、長期的な推計は『インターモーダル貨物輸送開発戦略』の分析結果による。

GDP については、インド全体の年平均成長率を 7% と想定し、各州の将来 GSDP (Gross State Domestic Product) を推計した。また、産業構造については、2050 年という将来に現在の先進国に近づくという想定で、以下のように変化すると設定した。

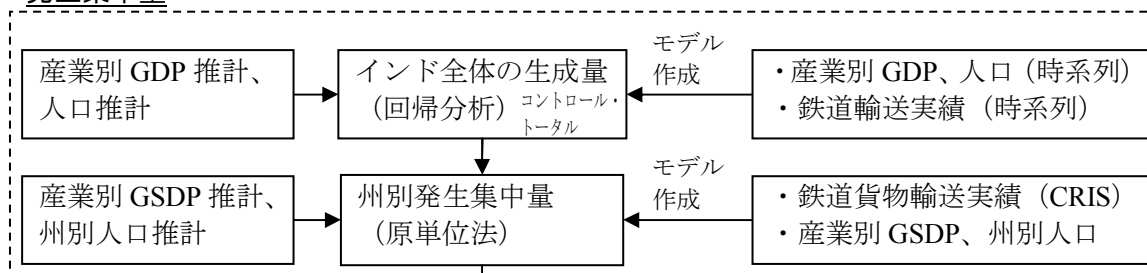
	第 1 次	第 2 次	第 3 次
2004	20.5%	21.9%	57.6%
2050	5 %	20 %	75 %

出所: JICA 調査団の想定値

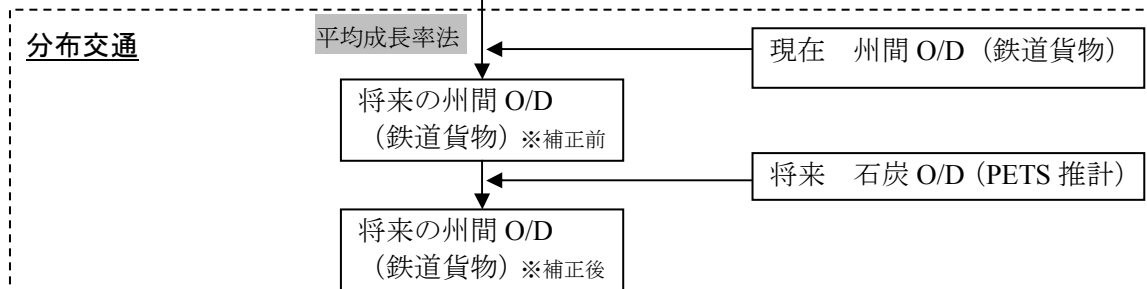
¹ 本レポートでは、初期的経済財務分析の結果は掲載していない。代わりに、タスク 2 の需要予測結果をもとに実施した経済財務分析を Volume III に掲載している。

コンテナ以外の貨物

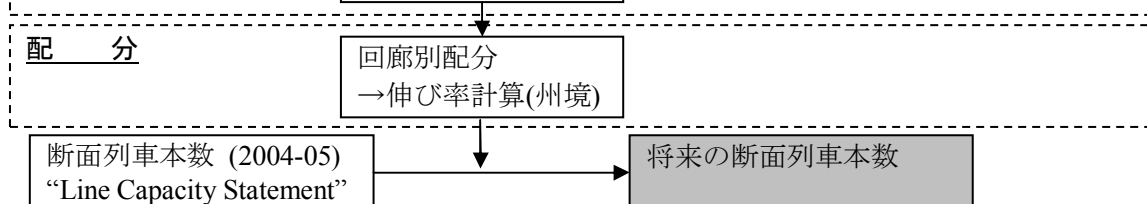
発生集中量



分布交通

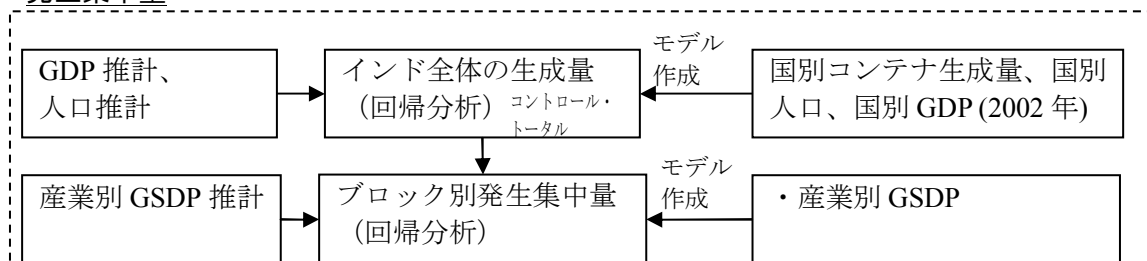


配 分

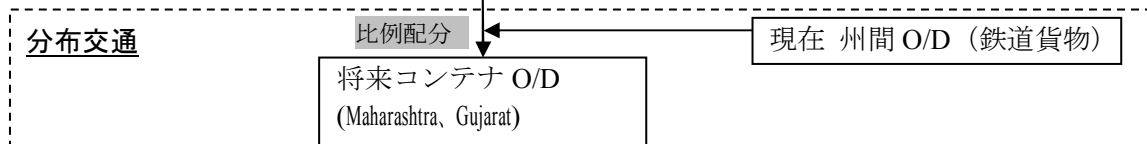


コンテナ貨物

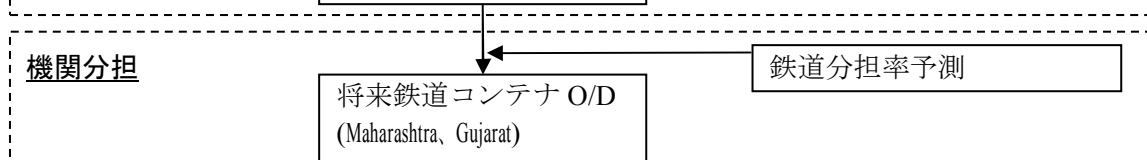
発生集中量



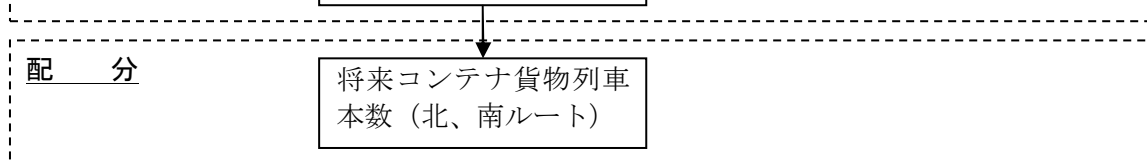
分布交通



機関分担



配 分



6.3 鉄道貨物輸送の将来需要

ここでは、東西輸送回廊について 2031 年までの鉄道貨物の輸送需要を品目別に推計した。貨物品目は、石炭、鉄鉱、鉄製品、セメント、穀物、肥料、POL (petroleum, oil and lubricants)、コンテナ、及びその他である。以下、①海上コンテナ、②海上コンテナ以外の貨物、の順に記述する。

6.3.1 海上コンテナ

(1) インド全体及び各州の取扱量推計

国際比較（20 カ国の 2002 年コンテナ取扱量）より、人口と GDP を説明変数とするモデルを構築し、インド全体の国際コンテナ取扱量を推計した。その結果、インド国内の港湾における海上コンテナの取扱量は、2021-22 年に 2,215 万 TEU、2031-32 年に 4,305 万 TEU と予測され、2021-22 年までの年間平均成長率は、10.1%と推計された。次に、第二次産業の州内総生産（GSDP）を説明変数とするコンテナ取扱量（14 港）のモデルを作成し、各州のコンテナ取扱量を推計した（下表）。その結果、Jawaharlal Nehru 港（JNP）を擁する Maharashtra 州発着のコンテナ輸送量が 1,530 万 TEU（2031-32 年）、Mundra 港等が立地する Gujarat 州で 1,340 万 TEU（同）と推計された。この数値は道路・鉄道・沿岸水運を含めた推計値である。

表 6-1 コンテナ取扱量の推計（'000TEU/年間）

	2003-04		2021-22		2031-32	
	取扱量	割合	取扱量	割合*	取扱量	割合*
Maharashtra 州	2,466	62.1%	8,049	36.3%	15,304	35.5%
Gujarat 州	243	6.1%	7,031	31.7%	13,395	35.1%
インド全体	3,973	100%	22,149	100%	4,3052	100%

*: $R(i,y)$ を i 州の y 年における割合とすると、
$$R(i,y) = \frac{SCONT(GSDP_i)}{\sum_k SCONT(GSDP_k)} \times 100$$

ここで、 $SCONT(GSDP_i)$ = 州別コンテナ取扱量モデル、 $GSDP_i$ = i 州の GSDP

(2) 海上コンテナの鉄道輸送量推計

インド国では、コンテナのトラック輸送について信頼できる統計や調査がなく、機関分担を議論する基礎資料が不足している。このため、JICA 調査団は東西回廊の州境において路側 O/D 調査を実施した（6 箇所：2006 年 7-8 月）。この調査結果と CRIS の鉄道貨物 O/D 及び JNP におけるヒアリングから、現況の鉄道分担率は以下の通りと判断された。

表 6-2 コンテナ貨物輸送(Mumbai 発着)の機関分担

Maharashtra 州内	Maharashtra 州外	
	トラック	鉄道
30%	42%	28%

※Mumbai～Maharashtra 州内は短距離輸送であり、鉄道が占める割合はわずかと見られる。

これによると、現状で鉄道のシェアは 3 割弱であり、DFC が現在存在すると仮定した場合には、当然これ以上のシェアを占めることになる。インド側（CONCOR 社）は 35-45% というシェアを目標として掲げている。一方、『プロジェクト研究グループ』が予備的に作成した機関分担モデルによれば、DFC のシェアは 35%程度との試算が出された。

以上の事から、Maharashtra 州、Gujarat 州の鉄道の輸送割合をそれぞれ 35%、45%と仮定し、コンテナ輸送量を下表のように推計した。

表 6-3 コンテナ輸送量(発着計)の推計(上段:2021-22 年、下段:2031-32 年)

港湾のある州	コンテナ総量	鉄道分担率	コンテナ鉄道輸送量	日換算列車本数*
Maharashtra	8,049 千 TEU	35%	2,817 千 TEU	94.9
	15,304 千 TEU		5,356 千 TEU	180.3
Gujarat	7,031 千 TEU	45%	3,164 千 TEU	106.5
	13,395 千 TEU		6,028 千 TEU	203.0

注: * 列車あたり 90TEU, 日換算 330 日/年と想定

上記の推計値は、DFC が 2010-11 年度末に完成し、2011-12 年度にはサービスを開始するとの想定に基づいている。

東部回廊では現在 Delhi~Kolkata 間のコンテナ輸送は実施されておらず、PETS-I、PETS-II では将来需要を想定していない。東部回廊のコンテナ輸送は Kolkata における港湾開発の前提条件が不透明であるため、本調査でも検討の想定外とした。

(3) 海上コンテナの鉄道輸送 O/D

将来における海上コンテナの鉄道輸送 O/D については、現在の O/D パターンがそのまま続くと仮定して推計した。

6.3.2 海上コンテナ以外の貨物

(1) 東部回廊の石炭

東部回廊の石炭輸送については、PETS-I において石炭火力発電所の将来計画をもとに、炭田～発電所の輸送量が推計されている。石炭火力発電所の将来計画は、実施が確実なものを対象としており、妥当であるため、これを推計に取り込んだ。

(2) 西部回廊の石炭と POL

西部回廊の石炭輸送と POL の推計については、エネルギー関連の調査報告書（Tata Energy Research Institute、World Energy Outlook 等）をもとに、石炭需要の年平均成長率を 2.4%、POL のそれを 2.9%と設定した。

(3) その他の品目

各品目の鉄道による年間生成交通量について経済指標をもとに回帰分析を行ない、インド全国の将来生成交通量を推計した（下表）。PETS-I における DFC の推計値と比較すると、鉄鉱・鉄鋼・セメントは低めに、その他は高めの結果となった。

表 6-4 2031/32 までの品目別年平均増加率(%)

	鉄鉱	鉄製品	セメント	穀物	肥料	その他
年平均増加率	3.1	3.1	3.8	2.3	2.7	5.8
()内は PETS-I, II	(5.0)	(5.0)	(5.0)	(2.0)	(2.0)	(3.0)
説明変数	2 次産業 GSDP			人口	GSDP	

注: JICA 調査団推計

上記はインド全国の推計である。州別の発生集中量は、下図に示す方法で推計した。

$$\boxed{\text{発生量}} = \boxed{\text{発生原単位}} \times \boxed{\text{経済社会指標}} \times \frac{\boxed{\text{総発生量（回帰式より）}}}{\sum_{\text{全 州}} \boxed{\text{発生原単位}} \times \boxed{\text{経済社会指標}}}$$

※集中量も同様

・ 2次産業 GSDP
・ 人口
・ GSDP

(4) 分布交通

州別発生集中量と現況 O/D 表をもとに、平均成長率法により将来 O/D 表を推計した。

(5) 機関分担

コンテナ以外の貨物については、鉄道貨物の発生集中量を直接計算しており、競争によるトラック輸送への転換はないと仮定する（容量制約にともなうトラック輸送への転換は別途検討する）。

6.3.3 交通配分

推計された O/D 表は州を対象（35 州）にしたもので、鉄道ネットワークに配分するには精度が粗すぎるため、通常の交通配分は適切ではない。そこで、具体的なネットワークに代えて回廊に着目し、各回廊に配分する事で、州の間を流れる輸送量を計算した（品目別）。その結果、断面交通量（コンテナ以外）の増加比を計算すると、以下のようになった。

表 6-5 将来交通量比(予測年輸送量／基準年輸送量)

回廊	州の組合せ	区間	2004-05	2021-22	2031-32
東部回廊	BH – UP	Sonnagar – Mughal Sarai	1.00	2.27	3.02
		Mughalsarai – Allahabad	1.00	2.22	2.96
		Allahabad – Kanpur	1.00	2.28	2.93
	UP – HR	Kanpur – Tundla	1.00	2.10	2.75
		Tundla – Khurja	1.00	1.96	2.54
	UP – PB	Khurja – Ambala	1.00	1.62	2.07
	HR – PB	Delhi – Ambala – Ludhiana	1.00	2.11	2.98
西部回廊	MH – GU	Mumbai – Vadodara	1.00	2.23	2.96
	MP – RJ	Vadodara – Vayana	1.00	2.29	3.05
	RJ – UP	Vayana – Tuglakabad/北回り	1.00	2.29	3.05

出所: JICA 調査団による推計

注: 東部回廊は、RITES 推計の区間別品目構成を利用して、区間別に増加比を推計した。

※ MH=Maharashtra、GU=Gujarat、MP=Madhya Pradesh、RJ=Rajasthan、UP=Uttar Pradesh、BH=Bihar、HR=Haryana（以下同様）

西部回廊におけるコンテナ輸送については、関連する州と港、及び既存の線路の位置関係から下表のように配分した。この配分結果は必ずしも DFC のルートを示唆するものではなく、長距離の列車は南ルートから北ルートに転換しうる点に注意する必要がある。また、州間 O/D をもとにした配分であるため Vadodara から Phulera まで列車本数が同じになっているが、実際には Mundra 港などの Gujarat 州の各港と北ルートは州内の Palanpur で接続するため、Vadodara～Palanpur の列車本数は異なるはずである。これについては、次の断面交通量で補正されている。

表 6-6 西部回廊における鉄道コンテナ輸送（一日列車本数）の配分結果（片方向：上下平均*）

ルート	区間	2021-22	2031-32
南北共通	JNP – Vadodara	51.2	97.4
南ルート	Vadodara – Sawai	31.0	59.0
	Sawai – Tuglakabad	30.2	57.4
北ルート	Vadodara – Phulera	39.8	59.0
	Phulera	38.8	57.4

出所：JICA調査団による推計

注：配分の結果は上りと下りで異なる数値となるが、表には平均を示す。以下同様。

6.3.4 鉄道貨物の断面交通量（列車本数）

将来の断面交通量は、基準年の断面交通量に、上記の増加比を乗じて推計した。以下に東部回廊の主要断面における貨物の列車本数を示す。

表 6-7 東部回廊における代表区間の将来貨物列車本数（一日あたり、片方向：上下平均）

区間	2004-05	2021-22	2031-32
Sonnagar – Mughal Sarai	45.2	103	137
Mughal Sarai – Allahabad	37.2	82	110
Allahabd – Kanpur	34.8	79	102
Kanpur – Tundla	35.9	75	99
Tundla – Khurja	30.4	60	77
Delhi – Ambala	57.0	84	110
Ambala – Ludhiana	51.0	74	97

出所：JICA 調査団による推計

※表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

西部回廊ではコンテナ貨物とコンテナ以外の貨物に分けて推計した。以下に西部回廊の主要断面における貨物の列車本数を示す。

表 6-8 西部回廊における代表区間の将来貨物列車本数（一日あたり、片方向：上下平均）

ルート	区間	2004-05		2021-22		2031-32	
		一般貨物	コンテナ	一般貨物	コンテナ	一般貨物	コンテナ
南北共通	JNP – Udhna	11.3	8.6	25	51.2	33	97.4
	Udhna – Vadodara	18.2	8.6	41	51.2	54	97.4
南回りルート	Vadoda – Ratlam	25.9	6.8	59	31.1	79	59.0
	Ratlam – Kota	13.1	6.5	30	31.1	40	59.0
	Kota – Sawai	14.7	6.5	34	31.1	45	59.0
	Sawai – Tuglakabad	10.8	5.5	25	30.2	33	57.4
北回りルート	Vadodara – Palanpur	19.0	1.5	43	28.7*	58	54.6*
	Palanpur – Phulera	7.9	0.3	18	39.8	24	75.8
	Pulera – Rewari	6.7	0.0	15	38.8	20	73.9
	Rewari – Delhi	8.7	0.0	20	33.6	26	64.0

出所：JICA 調査団による推計

注：表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

*：PETS-I の区間別推計値の割合（Palanpur – Phulera の 72%）をもとに補正

6.3.5 鉄道貨物の断面輸送量（トンキロ）

別の章でトンキロの需要予測が必要となるため、上記の断面列車本数をトンキロに換算した。換算にあたっての係数は以下の通りである。

- コンテナ貨物の列車あたり積載重量：1,213 トン（JICA 調査団推計値）
- 一般貨物の列車あたり積載重量：2,395 トン（CRIS データの平均値）
- 空車の割合：20%

これらの想定から、東西回廊における将来輸送量は以下のように推計された。

表 6-9 回廊別の将来輸送トンキロ(10 億トンキロ:両方向)

回廊	区間	2004/05	2021/22	2031/32
東部回廊	Sonnagar – Khurja	37.8	82.0	107.6
	Khurja – Ludhiana*	10.7	19.7	26.0
西部回廊	Mumbai – Vadodara	10.2	34.0	55.5
	Vadodara – North	11.0	54.7	90.0
	Vadodara – South	28.5	77.7	117.0

出所:JICA 調査団による推計

参考:インド国鉄合計=4,074 億トンキロ(2004/05)

注:* Khurja – Saharanpur – Ambala, Delhi – Ambala – Ludhiana

6.4 鉄道旅客輸送の需要予測

6.4.1 鉄道旅客の需要予測モデル

インド鉄道では、過去 10 年間に鉄道利用者数、平均旅行距離とも増加を続けている。インド鉄道では二等車の料金が低く、貧困層にとって重要な交通手段であることから鉄道利用者数は人口の増加に対応して今後も増加を続けると考えられる。このため旅客数と人口の関係を直線回帰でもとめ、将来の旅客数を推計した。平均旅行距離は、過去の増加傾向が今後とも続くと仮定して、将来の平均旅行距離を推計した。

将来の列車本数は以下のような方法で推計した。

$$\boxed{\text{予測年の列車本数}} = \boxed{\text{基準年の断面交通量 (人)}} \times \boxed{\text{予測年までの増加率}} \div \boxed{\text{予測年の列車あたり旅客数}}$$

基準年（2004-05）の断面交通量 = 旅客本数×列車あたり旅客数（1,154 人/列車）

※旅客本数（2004-05）は、平均値（基資料：Line Capacity Statement）

予測年までの増加率 = 予測年の人キロ÷基準年の人キロ
=（予測年の旅客数×予測年の平均旅行距離）÷基準年の人キロ

ここで、

予測年の旅客数：人口を変数とする単回帰推計（過去 12 年分の実績）

予測年の平均旅行距離：年度を変数とする単回帰推計（過去 15 年分の実績）

※両方とも Suburban と Non-suburban 別に推計 → 加重平均値を計算

※平均旅行距離は、2022 年度以降は一定とした

予測年の列車あたり旅客数

年度を変数とする単回帰推計（過去 12 年分の実績）

※Suburban、Non-suburban 別 → 人キロによる加重平均値を計算

具体的な数値は下表の通りである。

表 6-10 旅客需要予測モデルの想定値

		2004-05	2021-22	2031-32
旅客数 (10 億人)	上: Suburban	3.2	4.2	4.7
	下: Non-suburban	2.2	3.4	3.9
平均旅行距離 (km)	上: Suburban	32.7	40.5	45.1
	下: Non-suburban	215	285	329
人キロ	(10 億人キロ)	576	1,127	1,481
増加率	2004-05=1	1.0	1.96	2.57
列車あたり旅客 数(人/列車)	上: Suburban	1,687	2,258	2,258
	中: Non-suburban	1,037	1,547	1,547
	下: 加重平均値	1,154	1,655	1,655

出所: JICA 調査団の想定

6.4.2 鉄道旅客の断面交通量（列車本数）

上記の計算方法により、旅客の列車本数は、以下のように推計された。

表 6-11 東部回廊における代表区間の将来旅客列車本数(一日あたり、片方向: 平均)

	区間	2004-05	2021-22	2031-32
Khurja～ Sonmgar	Sonnagar – Mughal Sarai	74	142	187
	Mughal Sarai – Allahabad	80	141	187
	Allahabd – Kanpur	74	132	171
	Kanpur – Tundla	92	151	199
	Tundla – Khurja	78	124	162
Delhi～ Ludhiana	Delhi – Ambala	57	84	110
	Ambala – Ludhiana	51	74	97

出所: JICA 調査団による推計

※表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

表 6-12 西部回廊における代表区間の将来旅客列車本数(一日あたり、片方向: 平均)

ルート	区間	2004-05	2021-22	2031-32
南北共通	JNP – Udhna	47	64	85
	Udhna – Vadodara	49	66	87
南ルート	Vadoda – Ratlam	25	34	45
	Ratlam – Kota	23	31	41
	Kota – Sawai	27	37	49
	Sawai – Tughlakabad	16	22	29
北ルート	Vadodara – Palanpur	47	64	84
	Palanpur – Phulera	17	23	31
	Pulera – Rewari	14	19	25
	Rewari – Delhi	17	34	45

出所: JICA 調査団による推計

※表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

6.4.3 鉄道旅客の断面輸送量（人キロ）

参考のため東西回廊における鉄道旅客の人キロを示すと以下のように推計された。

表 6-13 回廊別の将来輸送人キロ(10 億人キロ)

回廊	区間	2004-05	2021-22	2031-32
東部回廊	Sonnagar – Khurja	48.3	94.5	124.2
	Delhi – Ludhiana	12.9	25.2	33.2
西部回廊	Mumbai – Vadodara	15.1	29.6	38.9
	Vadodara – North	15.8	30.9	40.6
	Vadodara – South	22.7	44.4	58.4

出所:JICA 調査団による推計

6.5 東西回廊における断面交通量の将来予測

貨物と旅客の列車本数に、「その他」に分類される検査用車輛や試験走行車輛などの列車本数を加え、断面交通量の合計を推計した。「その他」の交通量は、過去の統計を見ても増加数はごくわずかであるので、年平均増加率を 1%と仮定して推計した。

表 6-14 東部回廊における代表区間の将来列車本数(一日あたり、片方向:上下平均)

	区間	2004-05	2021-22	2031-32
Khurja～ Sonnagar	Sonnagar – Mughal Sarai	74	142	187
	Mughal Sarai – Allahabad	76	141	187
	Allahabd – Kanpur	73	132	171
	Kanpur – Tundla	92	151	199
	Tundla – Khurja	78	124	162
Delhi～ Ludhiana	Delhi – Ambala	57	84	110
	Ambala – Ludhiana	51	74	97

出所:JICA 調査団

注:表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

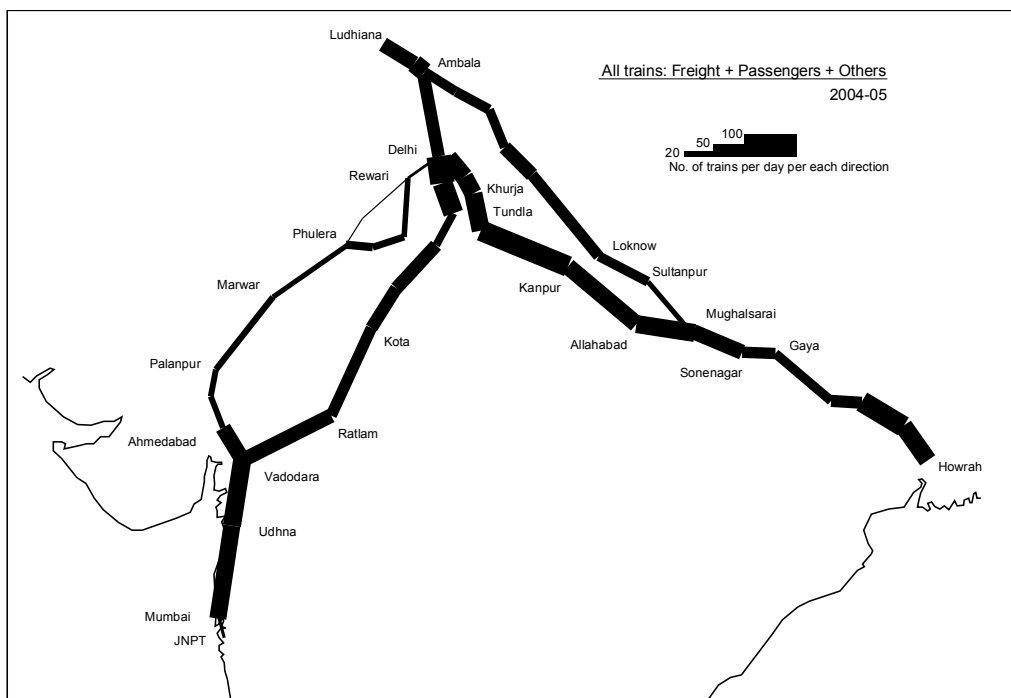
表 6-15 西部回廊における代表区間の将来列車本数(一日あたり、片方向:上下平均)

ルート	区間	2004-05	2021-22	2031-32
南北共通	JNP – Udhna	70	145	220
	Udhna – Vadodara	78	161	242
南ルート	Vadoda – Ratlam	64	132	191
	Ratlam – Kota	47	97	146
	Kota – Sawai	53	108	159
	Sawai – Tuglakabad	34	79	122
北ルート	Vadodara – Palanpur	70	139	200
	Palanpur – Phulera	27	83	133
	Pulera – Rewari	22	74	121
	Rewari – Delhi	24	74	118

出所:JICA 調査団

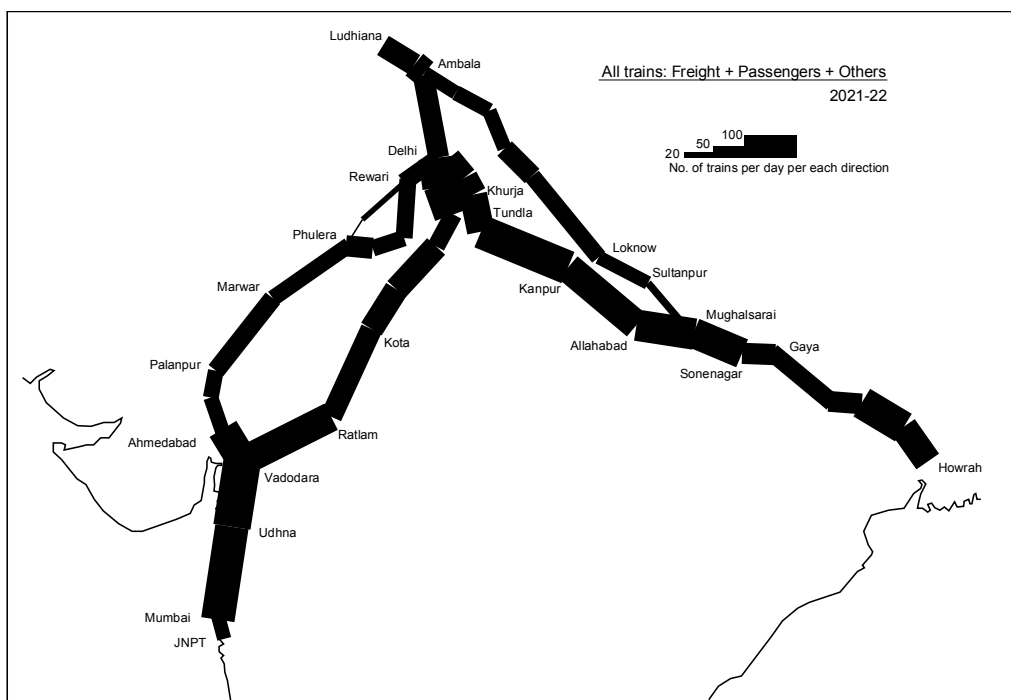
注:表は要約であり、数値は区間内の代表的区間の交通量である

以下の図は、旅客と貨物及びその他を合計した断面交通量を図示したものである。本文中に記述がない区間（Mughal Sarai – Sultanpur – Luknow – Ambala – Ludhiana）も描かれているが、これらの現況・予測値は既存線改良案の検討と、Khurja～Ludhiana 間の検討で利用された（英文本編参照）。



出所:各インド地域鉄道の”Line Capacity Statement”をもとに JICA 調査団作成

図 6-1 東西回廊における一日あたり列車本数(片方向:2004-05)



出所:JICA 調査団

図 6-2 東西回廊における一日あたり列車本数(片方向:2021-22)

6.6 DFC の将来輸送量

6.6.1 東部回廊

PETS-I では、2004-05 年に DFC があったと仮定した場合に、DFC を利用したであろう需要を推計しており、各区間の品目別輸送トン数が記載されている。本調査における東部回廊の DFC 交通量は、上記の区間交通量に、区間別の品目別交通量比を乗じて将来の輸送トン数を計算し、これを列車本数に換算することで推計した。但し、Khurja～Ludhiana 間については、CRIS の列車 OD から基準年の輸送トン数を推計した。空車については、別に以下に示す方法で推計した（上りの場合、下りも同様）。

$$\boxed{\text{予測年の上りの空車本数}} = \boxed{\text{基準年の上りの空車本数}} \times \frac{\text{予測年の下りの列車本数（除空車）}}{\text{基準年の下りの列車本数（除空車）}}$$

高軸重の場合の推計の結果は以下の通りである。高軸重に対応しない場合は、この結果より 1～2 割列車本数が多くなるが、線路容量を超える事はない。

表 6-16 東部回廊(Sonnagar → Khurja)における DFC 将来列車本数(一日):高軸重

	Section	Coal	Iron/Steel	Others	Empty	Total
2021-22	Sonnagar – Mughal Sarai	57.8	6.0	5.0	8.7	77.5
	Mughal Sarai – Allahabad	52.1	6.0	5.0	11.3	74.4
	Allahabad – Kanpur	45.3	5.1	5.0	9.4	64.9
	Kanpur – Tundla	38.9	4.1	4.4	8.7	56.2
	Tundla – Khurja	36.0	3.7	4.4	5.5	49.7
	Khurja – Ludhiana	7.1	1.0	2.0	4.5	14.6
2031-32	Sonnagar – Mughal Sarai	71.4	8.4	9.2	13.8	102.8
	Mughal Sarai – Allahabad	62.5	8.4	9.2	17.3	97.3
	Allahabad – Kanpur	52.0	7.3	9.2	13.7	82.0
	Kanpur – Tundla	45.9	5.8	8.1	13.5	72.5
	Tundla – Khurja	43.2	5.2	8.1	12.6	63.4
	Khurja – Ludhiana	7.8	1.4	3.2	5.7	18.1

備考:JICA 調査団による推計

表 6-17 東部回廊(Khurja →Sonnagar)における DFC 将来列車本数(一日):高軸重

	Section	Foodgrains	Fertilizer	Cement	Others	Empty	Total
2021-22	Sonnagar – Mughal Sarai	4.5	3.1	2.4	13.0	47.0	70.1
	Mughal Sarai – Allahabad	4.5	1.9	7.5	12.0	43.3	69.2
	Allahabad – Kanpur	4.5	1.3		9.4	39.0	54.2
	Kanpur – Tundla	4.1	1.5		9.2	30.0	44.8
	Tundla – Khurja	3.6			3.6	29.6	36.7
	Khurja – Ludhiana	8.5			0.4	7.2	16.1
2031-32	Sonnagar – Mughalsarai	5.4	3.8	3.6	23.8	60.9	97.5
	Mughalsarai – Allahabad	5.4	2.3	11.5	19.9	55.0	94.1
	Allahabad – Kanpur	5.4	1.6		14.9	48.2	70.0
	Kanpur – Tundla	4.8	1.8		14.8	37.9	59.4
	Tundla – Khurja	4.2			4.6	37.9	46.8
	Khurja – Ludhiana	10.7			0.7	8.5	19.9

備考:JICA 調査団による推計

6.6.2 西部回廊

西部回廊では DFC の路線として北ルートと南ルートがインド側調査によって比較検討され、すでに北ルートとする事が決定されている。南ルートでは Gujarat の港（Mundra 港や Kandla 港）と鉄道との連携が出来ず、本調査でも DFC は北ルートを前提としている。このため需要予測は北ルートに対して行った。

コンテナ以外の貨物については東部回廊同様に推計した。現在南ルートを利用している貨物列車のうち、Vadodara 以南と Delhi 以北・以東を結ぶ列車は北ルートに転換すると想定して良い。そのような列車の本数は、現在一日平均片方向 4 本程度であり¹、これをもとに転換数を推計した。コンテナ貨物については、北ルートコンテナ貨物鉄道が全て DFC に転換すると仮定した。一方、上記と同様に南ルートコンテナ列車の 95%程度が北ルートへ転換可能な列車であると計算された。ここでは、これらの割合は将来にわたって変化しないと仮定した。

以上の事から、将来の DFC 交通量を下表に示す通り推計した。2031-32 年までに一部区間で交通量が容量近くにまで達するため、一般貨物を既存線に戻すか、ダブルスタック化する必要がある。

表 6-18 西部回廊における DFC の将来交通量(一日列車本数、片方向:上下平均)

区 間	2021-22			2031-32		
	一般貨物	コンテナ	合計	一般貨物	コンテナ	合計
JNP – Vasai Road.	8	50	58	10	95	105
Vasai Road – Surat	9	50	59	12	95	107
Surat – Vadodara	13	50	63	18	95	113
Vadodara – Ahmedabad	37	57	94	49	109	148
Ahmedabad – Palanpur	21	57	78	28	109	137
Palanpur – Marwar	20	68	88	27	130	157
Madar – Phulera	19	67	86	25	128	153
Phulera – Rewari	18	67	85	25	128	153
Rewari – Pithala	21	62	83	29	119	148
Pithala – Dadri	21	62	83	29	119	148

出所:JICA 調査団による推計値

注:コンテナ列車の編成は 1 列車 90TEU(シングルスタック)、一般貨物は高軸重

上記の推計結果を、PETS-II と比較すると以下のような違いがある。

- 東部回廊の推計値は、輸送品目の大半を占める石炭の輸送需要に PETS-II の分析を利用しており、推計結果に大きな差はないが、鉄鋼の輸送については PETS-II の推計より低い 3%程度の伸び率を採用したため、全体としてやや低めの推計値である。
- 西部回廊では、PETS-II の将来推計値の 80~90%の区間もあれば、4 割程度多い区間（Vadodara – Ahmedabad 間）もある。全体的に PETS-II に比べてコンテナ列車は低めに、一般貨物列車は高めに推計された。本報告書では、現在 OD をもとに、Gujarat 州の港に接続するコンテナ列車の 2 割程度が Gujarat 州内に発着すると仮定しているため、Palanpur から DFC に入る列車本数がやや少なめである。

¹ CRIS 提供の列車 OD より調査団推計

6.7 Sonnagar – Howrah 間の将来需要

本調査は、東部回廊の区間として Delhi–Sonnagar 間を対象としており、Sonnagar – Howrah 間は検討対象外である。東部回廊の主要な貨物は石炭であり、主として Dhanbad 付近の駅と Sonnagar から東部回廊の本線に入り、Delhi 方面に向う。このため Sonnagar – Dhanbad 間の石炭輸送量は Delhi–Sonnagar 間の輸送量に比べて少ない。また、Dhanbad–Howrah 間でも様々な貨物が輸送されるが、石炭のように輸送の中心となる貨物がない。Kolkata では国際貿易港として Sagar 港を開発する計画があり、実現すれば Delhi～Kolkata 間の国際コンテナ輸送の需要が生じる。しかしながら、不確定な要素であるため、本調査ではこの区間のコンテナ輸送は検討外とし、断面交通量の推計と線路容量との比較のみ行なった。

下図は、Sonnagar – Dankuni 間の 2021-22 年の需要予測と線路容量を比較した図である。この区間では 2021-22 年まで線路容量に余裕がある事が分かる。一方、2031-32 年にはいくつかの区間で逼迫する結果となったが、DFC の開業から 20 年先の事であり、本調査で考慮する必要はないと考えられる。なお、Dankuni – Howrah 区間は旅客輸送が中心の都市内輸送であり、輸送の性格が異なるため除外した。

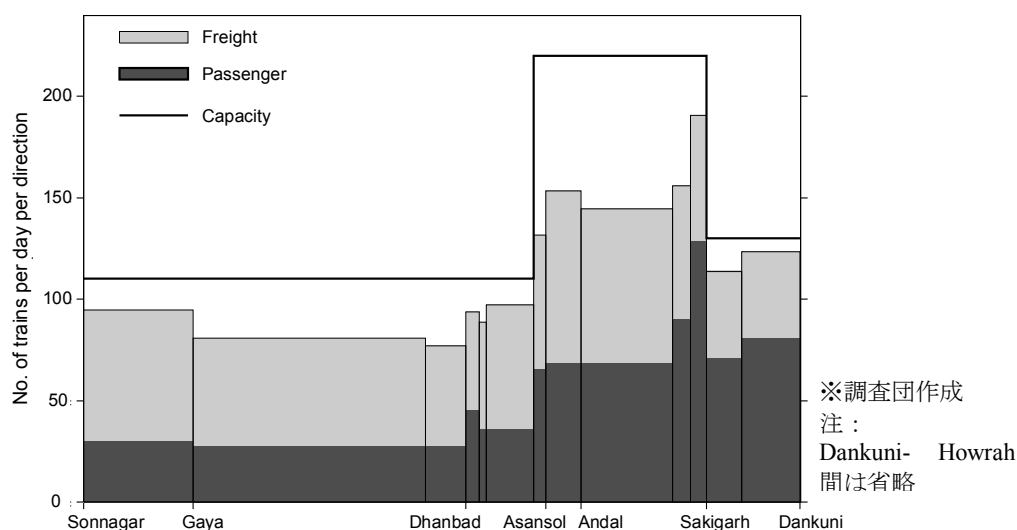


図 6-3 Sonnagar-Howrah 間の需給分析(2021-22)

第 7 章 Line Capacity の推定

第7章 Line Capacity の推定

7.1 推定の必要性

自動信号化した時点での Line capacity が必要である：

現状、インド国鉄線の信号保安装置のほとんどは非自動（Absolute Block Signal）である。この方式では駅間に1列車しか運転できない。代替案の検討にあたっては、コストが安く、多くの列車本数を運転できる自動信号システムを前提とする必要がある。

インドは重量列車を運転しており、日本の数値は必ずしも参考とならない：

インド国鉄の列車は1列車あたりの牽引トン数が4000tを超える列車が多く運転されている。列車が長大化し、重量が大きくなれば、列車運転本数が減少する。このため日本での数値をもって、インド国鉄線の列車運転可能本数を推し量ることはできない。

インド国鉄の自動信号化区間における数値に対する検証が必要である：

インド国鉄にはすでに自動信号化が行われている線区や工事中の線区がある。すでに自動信号化工事が完了した、Vadodara－Ahmedabad 間の Line capacity は 85 本となっている（Without Maintenance Block）（表 7-1 参照）。しかし、これら数値は日本の経験値からすればかなり低い。従って、代替案評価を行う際の数値として、これらをそのまま採用することはできない。

表 7-1 インド国鉄の Line capacity

Maintenance Block	複線		単線	
	Without	With	Without	With
非自動	65	54	24	20
自動	85	71	-	-

出展: Line capacity statement 2004-05 Western Railway

以上の背景から、本調査においては独自に自動信号化した場合の Line capacity を測定することとした。

7.2 推定の方法

Line capacity 推定の方法は図 7-1 に示すとおりである。詳細については以下に示す。

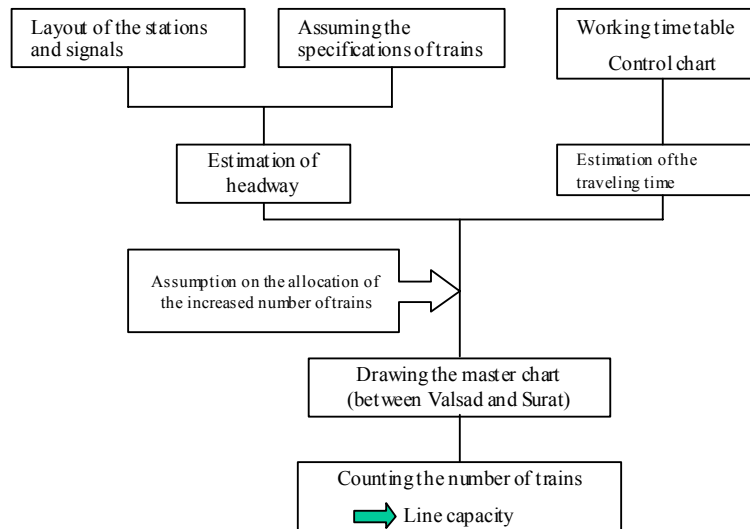


図 7-1 Line Capacity の求め方

7.2.1 推定方式とモデル区間における推定

今回の調査ではインド国鉄で一般に用いられている charted line capacity method を用いて、Line capacity を推定する。具体的には Valsad-Surat 間（68.4km）について実際に列車ダイヤを描いて Line capacity を求める。

7.2.2 設備・車両の前提条件

- 1) 分岐器の分岐側通過速度は 45km/h とした。
- 2) 続行する列車が同じ駅に着発する場合、その駅には副本線が整備されていることとする。
- 3) 駅の配線は改良され、駅構内での上下線間での進路競合はなくなっているものとする。
- 4) 自動信号化した場合の信号機の配置は図 7-2 のとおりとした。

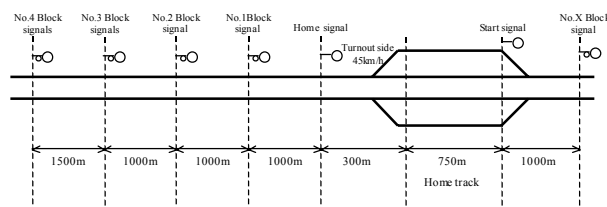


図 7-2 駅の配線および信号の配置

5) 列車長、機関車性能及びブレーキ性能は現行列車を前提とした。

なお、現行列車の性能を確認するため、Vasai Road-Surat 間でコンテナ列車(2035 トン牽引)の機関車運転室添乗調査を行った。その結果は次のとおりである。

- 列車の加速度は 0-65km/h で 0.33km/h/s 以上あるものと推定される。
- 添乗した列車は最高速度 100km/h であったが、実際には平坦区間では最高速度は 85-90km/h までであった。
- 減速度は 1km/h/s 以上のブレーキ性能があるものと推定される。

7.2.3 列車運転間隔の推定

上記前提をもとに列車運転間隔の推定を行った。結果を表 7-2 に示す。これらの数値によって、列車の最小運転間隔が決まる。

表 7-2 列車運転間隔の推定結果

(単位：秒)

	後続列車種別	特別特急	Mail/急行 コンテナ貨物	貨物列車
	最高速度	120km/h	100km/h	75km/h
(A) 先行列車が発車した後に、後続列車が駅に到着		—	360.6	635.5
(B) 同種別列車に続いて、後続列車も駅を通過		256.6	216.0	388.5
(C) 先行列車の駅到着に続いて、後続列車が通過		242.0	212.8	189.8
(D) 後続列車の駅通過を待って、駅を発車		68.7	84.5	110.5

7.2.4 運転時分の推定

運転時分については、Booking speed(最高速度の 90%)に停車の際の減速及び加速に要する時分を加えて用いる。

表 7-3 停車のための追加時分

	到着	出発	Remarks
旅客列車	1.0 分	2.0 分	Western Railway の Working time table より
貨物列車	1.5 分	3.5 分	調査団推計値

7.2.5 増加させる列車種別の配分

7.2.4 で示した列車運転間隔を用いることにより、運転可能となる列車本数は大幅に増える。Indian Railways (IR) 在来線を走行する列車は最高速度が異なるので、増加させる列車種別の配分によっては結果が大きく異なる。

ここでは特急列車と各駅停車列車は現在と同数、75km/h の一般貨物列車は 20%増、急行列車及びコンテナ列車は出来る限り、増加させることを目標とした。

7.3 Line Capacity の推定

7.3.1 列車ダイヤの作成と Line Capacity の算出

前述の前提条件と列車運転間隔推定結果をもとに Valsad—Surat 間下り方向の列車ダイヤを作成した。その結果を図 7-3 に示す。ダイヤ図から算出される列車本数を表 7-4 に示す。この数値は保守間合いを確保した場合の数値であり、140 本となった。

表 7-4 Line Capacity 算出結果

区間 Valsad—Surat 間		現行の列車本数	自動信号化後の列車本数 (With Maintenance Block)	増 減
		3.July. 2006 の Control chart による	Study team 作成の列車ダイヤ による	
旅客	特急列車	3	3	0
	急行列車	36	75	39
	各駅停車列車	8	8	0
貨物	コンテナ列車	10	33	23
	一般貨物列車	12	21	9
合 計		69	140	71

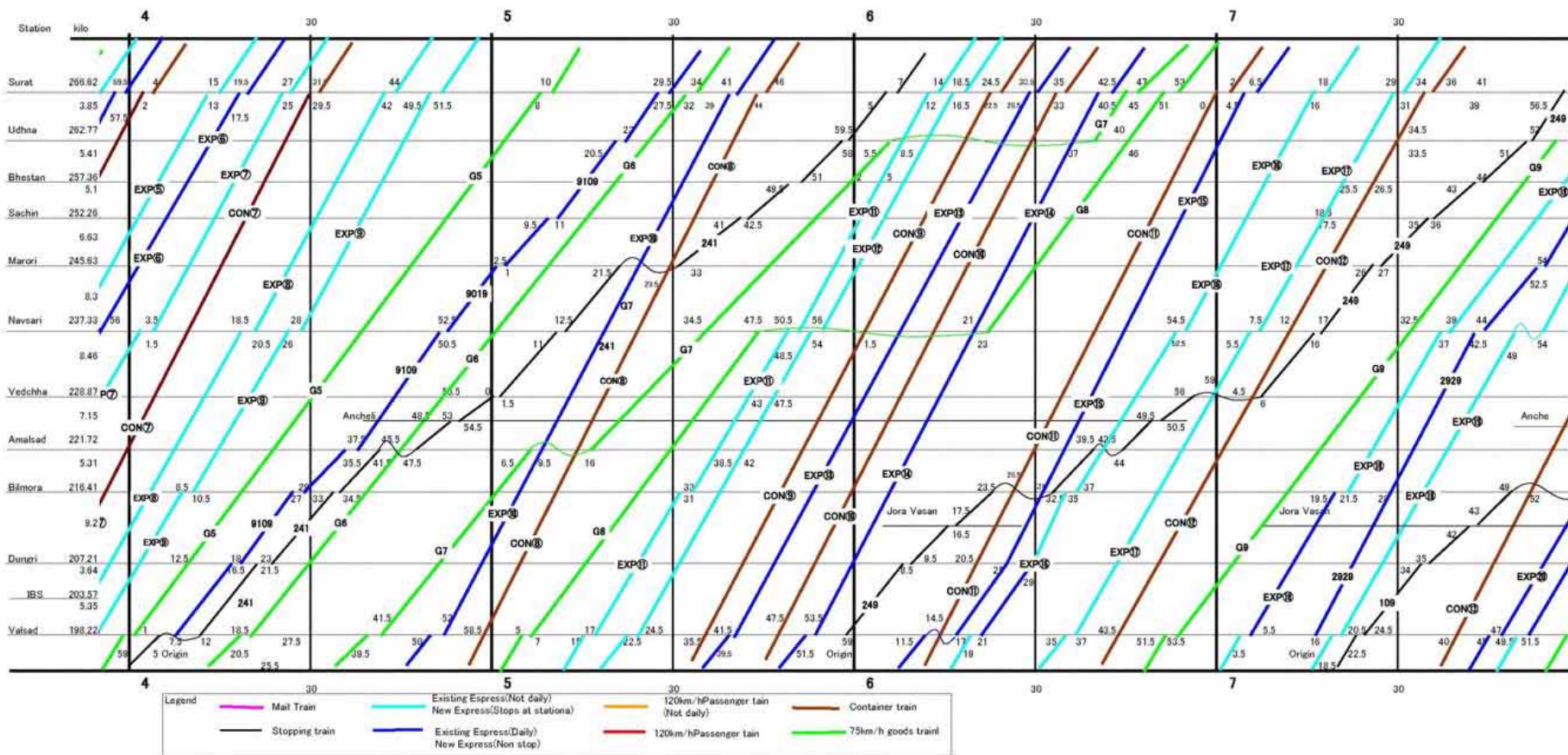


図 7-3 Valsad-Surat 間下り方向列車ダイヤの例(4:00~8:00)

7.3.2 考察

これまで調査団で取得した複線自動信号区間の Line capacity に関するインド側の数値は表 7-1 に示すとおり、71 本である。これらと比較すると、今回の結果は約 50%多くなっている。

これらの数値の違いはインド側の数値に次のような事情があるものと考えられる。

- 構内改良が前提となっていない。
- 信号間隔が必ずしも Line capacity を最大化するものとはなっていない。
- 車両性能が十分ではなく、公称性能を出すことができない。
- 架線電圧低下が大きな区間があり、車両性能を十分発揮できない。
- 運転操縦方法が高密度運転に適したものとなっていない。
- 我々が知りえなかった現地特情がある。

7.3.3 DFC 及び在来線を総合的に改良した場合の Line capacity の推定

以上の結果から、DFC 及び IR の在来線を改良した場合の Line capacity を推定する。

1) DFC 複線区間

DFC では最新設備と性能の高い車両で列車運転するので、日本の方式で策定した結果と同様とすることが可能と考えられる。DFC の Line capacity は 140 本と推定される。

2) DFC 単線区間

単線区間は列車の行き違いが主体の列車運転となる。自動信号は続行列車運転を主なねらいとしているので、DFC 単線区間では自動信号を装備しない。しかし、最新の設備と性能の高い車両で列車運転を行うので、Line capacity は計算から得られる理想的な数値を採用することが可能と考えられる。

DFC 単線区間は約 10km 毎に crossing station を設ける。列車の表定速度（始発駅から終着駅までの距離を所要時分で除した速度。駅停車時分を含む）は現行の 20km/h（IR Annual statistical statements 2004-05）から 2 倍の 40km/h で運転することが可能と考えられる。これらの数値をもとに Line capacity を算出する。

$$1 \text{ 日 } 20 \text{ 時間あたりの運転可能本数} = 20 \text{ 時間} \times 60 \text{ 分} / (10 \text{ [km]} / 40 \text{ [km/h]} / 60 \text{ [分]}) / 2 = 40 \text{ 本}$$

以上から DFC 単線区間で運転可能な列車本数は 1 日片道あたり 40 本と推定される。

3) 在来線(複線自動信号化区間)

複線区間では自動信号化だけでなく、構内の改良、高性能の車両投入など総合的改良を行うことにより、現行の Line capacity より向上すると考えられる。

一方、在来線はすでに運用に供しており、理想的な改善を行いくいところがあることも事実である。

このため、在来線の総合的な改良による Line capacity の向上は DFC で得ることができる Line capacity とインド国鉄が現行実現している複線自動化区間における Line capacity の中間の値となると推定される。

在来線の総合的な改良による Line capacity= (140+71) /2 本≒110 本（With MB）

以上をまとめて表 7-5 に示す。

表 7-5 DFC 及び総合的な改良を行った場合の在来線の Line capacity

線区	信号方式	DFC	在来線	
			総合的な改良を 施した場合	非自動(参考)
単線	非自動	40	-	20
複線	非自動	-	-	54
	自動	140	110	-
3 線 (複線+単線)	非自動	-	-	74
	自動+非自動	180	130	-