

インド共和国
タミル・ナド州インフラ開発庁

インド国
チェンナイ都市圏 I T S に係る
情報収集・確認調査

最終報告書

平成 29 年 1 月
(2017 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社
東日本高速道路株式会社

南ア
JR
17-007

インド共和国
タミル・ナド州インフラ開発庁

インド国
チェンナイ都市圏 I T S に係る
情報収集・確認調査

最終報告書

平成 29 年 1 月
(2017 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社
東日本高速道路株式会社



(出典：JICA調査団)

調査対象位置図

要約

1 調査の背景

インドでは近年急速な都市化が進み、交通インフラの整備が十分に進んでいない。チェンナイ市周辺の自治体も含めたチェンナイ都市圏の人口は、2001年の約656万人から2011年には約870万人（同国第4位：Census 2011）に増加しており、これに伴い都市部の交通も増加の一途をたどり、慢性的な渋滞が深刻な問題となっている。係る状況の下、増え続ける交通需要に対応するためチェンナイ周辺環状道路の整備が計画されている。また、チェンナイ周辺環状道路の利用促進を図る目的で高度交通情報システム（*Intelligent Transport Systems*以下、ITS）の整備、さらに市内の交通渋滞緩和に寄与することを目的として、都市内のITS（以下、都市内ITS）の整備が検討されている。

チェンナイ周辺環状道路建設事業が検討されているが、ITSについてはコンポーネントが多岐に渡り多くの関係機関が存在することからも、現時点で基本的な整備方針が策定されていない。このため、本調査では、ITSの基本方針の策定に必要な情報を収集すると共に、その基本方針（案）について検討を行う

2 調査の概要

本調査の概要を以下に示す。

表 I 調査の概要

項目	内容
案件名	インド国チェンナイ都市圏 ITS に係る情報収集・確認調査
調査期間	2016年1月～2017年2月
調査の目的	タミル・ナド州チェンナイ都市圏においてチェンナイ周辺環状道路及び都市内 ITS 整備のための基本方針策定に必要な情報を収集し、基本方針（案）の検討を行う。
対象地域	インド国タミル・ナド州チェンナイ都市圏
関係官庁・機関	タミル・ナド州インフラ開発庁 (Tamil Nadu Infrastructure Development Board) タミル・ナド州高速道路・港湾局 (Highways & Minor Ports Department) その他、チェンナイ都市圏における交通運輸関係機関

(出典：JICA調査団)

3 チェンナイ都市圏の概要

チェンナイは、タミル・ナド州北東部のベンガル湾コロマンデル海岸沿い位置するタミル・ナド州の州都である。当地域は「南インドの玄関口」と呼ばれ、チェンナイ港とエンノール港の2つの主要な港がある。チェンナイ港は、ムンバイのジャワハルラール・ネルー港に次いで取扱量がインドで2番目に多い港である。チェンナイ港の北およそ15 kmに位置するエンノール港は、主に石炭と鉄鉱石やバルクを取り扱っている。当地域は「南アジアのデトロイト」とも呼ばれ、BMW、フォード、ルノー日産といった自動車メーカーとその関連企業が、郊外に位置するオラガダムやマヒンドラワールドシティーといった工業団地などに進出している。また、チェンナイ市南部の州道49A号は「IT回廊」と呼ばれ、道路沿いには多くのIT関連企業が立地している。チェンナイは、ナレンドラ・モディ首相のスマートシティ構想の下、スマート都市として開発する20の都市の一つに選ばれている。

4 チェンナイにおける関連組織

ITS及び都市交通セクターにおける関連組織を下表に整理する。

表 I I 関連組織

組織名	役割
タミル・ナド州インフラ開発庁	タミル・ナド州におけるインフラ整備事業を推進するための調整機関
チェンナイ交通警察	交通管理者
チェンナイ都市圏開発局	チェンナイ都市圏における都市計画及び都市交通計画のための計画局
チェンナイ市	市内の道路管理者。道路交通設備整備の実施も担う。
タミル・ナド州都市インフラ融資サービス公社	都市のインフラ融資に係るドナー等の管理窓口
チェンナイ・メトロ公社	チェンナイ・メトロの管理・運営
チェンナイ都市圏交通公社	市バス事業者
タミル・ナド州高速道路公社	都市間バス事業者
タミル・ナド州高速道路・港湾局	タミル・ナド州における州道、及び州管轄の港湾を管理。チェンナイ周辺環状道路を管轄。
タミル・ナド州道路公社	タミル・ナド州高速道路・港湾局配下の有料道路（州道）の実施機関。チェンナイ周辺環状道路（セクション1）の実施機関。
タミル・ナド州交通局	車検、車両登録、ナンバープレートの管理
チェンナイ統合都市圏交通委員会	都市交通セクターにおける関係機関から構成される、都市交通に係る意思決定及び調整
タミル・ナド都市インフラ開発財務公社	スマートシティ、ジャワハルラル・ネルー全国都市再生計画といった事業に関して地方自治体などの実施機関に対する資金援助を担う
タミル・ナド州データセンター	タミル・ナド州政府の中央データセンター
タミル・ナドエレクトロニクス公社	サーバの運用保守などを含むタミル・ナド州データセンターの実施機関
インド国道庁	国道の管理者
インド工科大学チェンナイ校	ITSに係る研究開発
チェンナイススマートシティ公社	チェンナイススマートシティプロジェクトのための特別目的会社

(出典：JICA調査団)

5 チェンナイにおける道路ネットワーク

4本の国道がチェンナイより、コルカタ（国道5号）、ベンガルール（国道4号）、チルチラッパリ（国道45号）、マダナパリ（国道205号）に向けて放射状に伸びており、内環状道路、チェンナイバイパス道路、外環状道路がこれらの放射道路を接続する。外環状道路のセクション1は既に共用されており、セクション2が現在建設中である。その外側にチェンナイ周辺環状道路の建設が計画されている。エンノール港を起点とし、国道5号、国道205号、国道45号及び国道4号といった主要な放射道路を結び、南部の州道49号を終点とする。総延長は133.65kmとなる。チェンナイ周辺環状道路の完成によって、オラガダムといったチェンナイ周辺に位置する工業団地とチェンナイ港やエンノール港への接続性が大幅に向上することが期待されている。下図にチェンナイにおける主要な道路網を示す。



(出典：JICA調査団)

図I チェンナイにおける主要な道路網

6 チェンナイにおける公共交通

チェンナイ市民の主要な交通手段は市バスである。約3,800台のバスが800路線走行し、主要な道路をカバーする（但し、外環状道路とチェンナイバイパスを除く）。チェンナイ・メトロ（セクション1、延長45.1km）が現在建設中である。うち半分が地下構造、残りが高架構造となる。うち、高架構造部の約21kmの区間は2015年1月より運行が開始されている。また現在、フェーズ2（延長88km）の建設も計画中である。この他、4本の都市内鉄道が存在する。これらは北部線、西部線、南部線、及び都市内鉄道からなる。都市内鉄道は全延長が高架構造で建設されている。これらに加え、モノレール（延長43.68km）や高速バス輸送システム（延長96.7km）の建設が計画されている。

7 ITSの現況

チェンナイにおけるITSの現況を下表に整理する。

表III チェンナイにおけるITSの現況

ITSコンポーネント	説明
交通管制室	<ul style="list-style-type: none"> 市内の交通管理のためにチェンナイ交通警察によって運用（但し、規模は小さい） CCTVカメラによって現場の状況を監視
可変情報板	<ul style="list-style-type: none"> 市内の31か所に設置 ヘルメット着用などのメッセージを表示。動的な交通情報は提供されていない
交通信号	<ul style="list-style-type: none"> 市内の383か所の交差点に設置 固定周期タイプ（周期は手動で設定） 信号のタイミングを自動で調整するなどの機能は備えていない
CCTV カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 市内中心部におけるいくつかの交差点に設置 現場の状況を監視するためにチェンナイ交通警察によって運用
E チャレンジシステム (E-Challan)	<ul style="list-style-type: none"> 交通違反車両を取り締まるためのもの

S y s t e m)	<ul style="list-style-type: none"> • 携行型の機器を現場の警察官が携行し、違反車両の記録や罰金徴収の切符を発行する
チェンナイ・メトロの電子支払いシステム	<ul style="list-style-type: none"> • トークンと非接触型スマートカードが利用可能 • 交通系共通カードの導入を検討中
交通管制システム	<ul style="list-style-type: none"> • 可変情報板、非常電話、気象観測機器等がコンセッショナーによって外環状道路に導入済み
料金徴収システム	<ul style="list-style-type: none"> • 国道45号及びチェンナイバイパスにRFID方式（FASTag）のシステムが導入済み • 国道5号、州道49号、州道49A号にスマートカードによるタッチアンドゴー（T&G）が導入済み。但し、これらには互換性はなく、相互に使用できるものではない。
事故情報データベース	<ul style="list-style-type: none"> • 世界銀行の支援によって整備 • 交通局やチェンナイ交通警察といった関連機関によって利用されている
道路管理システム	<ul style="list-style-type: none"> • 国道及び州道の管理システムが導入されており道路管理者によって利用されている
車両データベース	<ul style="list-style-type: none"> • 中央政府の電子政府構想の下整備された車両情報を管理するデータベース
ITSに係る研究開発	<ul style="list-style-type: none"> • 交通量計測や事前旅行情報提供といったITSに関する様々な研究開発活動がインド工科大学チェンナイ校によって実施されている
その他、民間タクシー事業者によるITサービス	<ul style="list-style-type: none"> • UberやOraCabといったタクシー配車サービスが利用可能

(出典：JICA調査団)

8 関連調査と主な計画

チェンナイにおける関連調査と主な計画を下記に示す。

表 I V 関連調査と主な計画

関連調査と主な計画	説明
全国都市交通政策	インド中央政府により、ジャワハルラル・ネルー全国都市再生計画に基づき、全国の都市交通政策に係る基本方針を定めたもの。
第2次チェンナイマスタープラン	チェンナイ都市圏開発局によって2008年に策定。2026年を目標年次とした開発施策を定める。
チェンナイ総合交通調査	チェンナイ都市圏開発局によって2010年に実施。2026年を目標年次とした交通戦略を提言。
タミル・ナドビジョン2023	タミル・ナド州首相によって2014年に策定。2023年を目標年次としたインフラ整備（含：社会インフラ）に係るビジョンを宣言。
スマートシティミッション	ナレンドラ・モディ首相主導によるミッション。全国100の都市でスマートシティを開発する計画。20の都市が優先都市として選定されており、チェンナイも含まれる。ITSの実施が含まれている。

(出典：JICA調査団)

9 課題の整理、必要な施策及び施策のためのITSメニュー

チェンナイにおける課題を表Vに整理する。都市交通に係る課題はITSのみでは解決できるものではないため、これを解決するために必要な施策として制度／法令、インフラ及びITSの3つのカテゴリーにグループ分けした。これを基に特定されたITSメニューを表VIに示す。

表V 課題の整理と必要な施策

カテゴリー	課題	施策		
		制度/法令	インフラ	ITS
道路交通	a) 二輪車、三輪（オートリキシャ）の高い比率	○		
	b) 都市化の進展に対する道路整備の遅延		○	○
	c) 多くの交通事故発生件数	○	○	○
	d) 大型車両の高い混入率		○	○
	e) チェンナイ港周辺における大型車両の恒常的な待ち行列（港への入場待ち）		○	
	f) 多くの大型車両の通行によるチェンナイ郊外の農村地域住民への安全面の脅威		○	○
道路インフラ	a) チェンナイ・メトロの建設工事に伴う主要幹線道路における走行車線数の減少（一時的事象）		○	
	b) 市内の主要交差点における多くの複雑な立体構造		○	
	c) いくつかの主要交差点における立体交差の未整備		○	○
	d) 損傷した舗装や排水施設の未整備など、道路表面の劣化を早める様々な要因		○	○
	e) 多くの路上駐車車両による道路空間の占有	○		○
	f) 路外駐車場の不足		○	○

	g) 降雨時の道路の冠水	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	h) 歩道の未整備（特に主要幹線道沿いにおける歩行者空間の未整備による危険）		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	i) 自転車道の未整備		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	j) 一定でない道路幅員		<input type="radio"/>	
	k) 歩道橋の不足		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	l) 排水システムの未整備と不十分な維持管理		<input type="radio"/>	
交通マナー	a) 交通マナー、交通ルールの重要性に対する認識不足	<input type="radio"/>		
	b) 横断歩道の有無にかかわらず幹線道路を横断する歩行者	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	c) 車線、停止線や信号の順守の欠如	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
交通管理	a) 車両の走行速度低下のための道路上のバリケード	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	b) 稼働していない多くの信号機	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	c) 視認性が十分に確保されていない信号機（高さ、設置位置等）		<input type="radio"/>	
	d) 異なる有料道路事業者間で相互に利用可能な通行料金徴収のための共通カードの未存在	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	e) 道路管理や交通管理に係る技術的知見・経験の不足	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

公共交通	a) 異なる交通機関同士の不十分な接続性		○	○
	b) バス停留所の不適切な位置 (交差点近傍など)		○	
	c) バスの運転手及び乗客の安全面に対する認識不足	○		
	d) バス停留所やバスターミナルにおけるバスの運行情報・到着時刻等の情報の未整備		○	○
	e) 劣悪な公共バスの車両環境		○	
	f) 乗車券販売の自動化の未整備による非効率性・不便性	○	○	○
	g) チェンナイ・メトロ建設の大幅な遅延	○		
道路付帯施設	a) 多くの破損した沿道施設	○	○	○
	b) 交通管理・道路運営管理を支援するシステムの未整備とデータの未存在			○
	c) 限定的な道路資産管理			○
	d) 有用な道路交通データや情報の未存在	○	○	○
	e) 道路通行料金徴収システムの未整備による恒常的な渋滞	○	○	○

(出典：JICA調査団)

表VI 対策を実現するためのITSメニュー

必要なITS	課題	道路交通				道路インフラ								交通管理	公共交通			道路付帯施設					担当機関 / 備考
		b) *	c)	d)	f)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	k)	d)	a)	d)	f)	a)	b)	c)	d)	e)	
1)	チェンナイ交通情報センター	●				●			●	●												●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) チェンナイ交通情報センター：都市交通情報提供のための新たな組織
2)	交通警察の交通管理センター	●						●														●	チェンナイ交通警察
3)	チェンナイ周辺環状道路の交通管制システム	●																				●	タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター) チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター：チェンナイ周辺環状道路の交通管理のための新たな組織
4)	プローブシステム	●				●																●	チェンナイ都市圏交通公社 / スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) GPSデータを市バスから収集し、市バスシステム及びチェンナイ交通情報センターで利用する。
5)	交通量計測システム	●				●																●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター))
6)	CCTV交通監視システム																					●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
7)	CCTV違反者取り締まりシステム							●															チェンナイ交通警察 違反を取り締まるためのシステムを既に整備済み。
8)	ナンバープレート認証システム		●	●				●															チェンナイ交通警察 ナンバープレートの標準化が必要。タミル・ナド州交通局が供給業者の入札を実施中。
9)	冠水計測・警告システム									●												●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) 主にCCTVカメラと可変表示板で構成された水位測定システムを地下道に設置する。
10)	可変表示板システム	●																				●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
11)	料金徴収システム (既設の料金所またはチェンナイ周辺環状道路)																					●	インド国道庁、タミル・ナド州道路公社
12)	インターネット/SMSによる情報提供システム	●							●	●	●	●	●	●								●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター)、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
13)	エリア交通信号制御システム	●																					チェンナイ交通警察
14)	動的軸重計測システム			●																			タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の料金所) 主に動的軸重計測、静的横圧測定、CCTVカメラでシステムを構成。
15)	事故データ管理システム		●																			●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州交通局 事故情報データベースは既に整備済み。
16)	市バス管理センター	●								●						●						●	チェンナイ都市圏交通公社
17)	市バス運行管理システム	●								●						●						●	チェンナイ都市圏交通公社
18)	市バス情報提供システム	●								●						●							チェンナイ都市圏交通公社
19)	市バス運賃支払いシステム	●													●		●						チェンナイ都市圏交通公社
20)	クリアリングハウスと相互運用カード	●							●			●	●	●	●	●							メトロ (チェンナイ・メトロ公社) 及び関係組織 (チェンナイ都市圏交通公社、都市内鉄道)
21)	駐車場管理システム	●							●													●	チェンナイ市、チェンナイ・メトロ公社 路外駐車場の所有者がシステムを管理。
22)	道路台帳データベース						●										●	●	●				チェンナイ市、インド国道庁、タミル・ナド州高速道路・港湾局、タミル・ナド州道路公社 道路台帳データベースは既に道路管理者によって整備済み。
23)	歩道/自転車道情報提供システム										●	●	●										チェンナイ市

24)	自転車シェアシステム											●									チェンナイ市
25)	商用車両運行管理システム				●																民間により実施される性質のもの。

※「表 V 課題の整理と必要な施策」の課題項目に対応

(出典：JICA 調査団)

10 ITSの整備方針

現況、課題及び特定されたITSメニューを踏まえ、段階的整備方針と実施スケジュールをITSの整備方針として以下のとおり推奨する。



表VII 段階的な整備方針 (案)

段階	期間	整備方針
短期	2017- 2021 (1-5年目)	既存のITS機器のより有効的な活用 短期で導入可能なITSの整備 上記で導入したITSの運用の開始 比較的長期な整備期間を要するITSの整備の開始
中期	2022- 2026 (6-10年目)	短期で実施したITSの拡張と更新 (必要に応じて) 短期で整備を開始したITSの運用の開始
長期	2027 - (10年目以降)	新たな技術を活用したシステムの更新や導入、機能の拡張

(出典：JICA調査団)

表VIII 実施スケジュール (案)

ITSと主要なイベントの技術的な必要条件	短期					中期					長期	備考		
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027			
ナンバープレートの標準化	(既存のナンバーを交換するのに必要な期間)												標準化されたナンバープレートのベンダー選定が進行中	
クリアリングハウスと交通系共通カード														
チェンナイ周辺環状道路 (セクション-1)														
外環状道路 (フェーズ-2) (全線開通)														
メトロフェーズ-1													メトロフェーズ2の建設が現在検討中	
メトロフェーズ-1 延長														
都市内鉄道フェーズ-2 延長														
推奨されるITSコンポーネント	短期					中期					長期	備考		
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027			
短期：都市内ITS	チェンナイ交通情報センター	チェンナイ交通情報センター						(拡張)						将来的な道路ネットワークや交通状況の変化に合わせて、タクシーや商用車両からのプローブや交通計測システムの追加等を行う
		プローブシステム												
		交通量計測システム												
		CCTV 交通監視システム												
		冠水計測・警告システム												
		インターネット/SMSによる情報提供システム												
	交通管理システム (チェンナイ交通警察)	交通警察の交通管理センター												図中の茶線は既存のセンターの改修期間を示す
		可変表示板システム												
		エリア交通信号制御システム	(ステージ-1:150ATSC)											エリア交通信号制御システムは2ステージで導入 -1st ステージ: 市中心部に150基設置 -2nd ステージ: エンノール港、チェンナイバイパスとシルセリに囲まれる地域で230基の設置
	市バスシステム	市バス管理センター												市バスシステムは チェンナイ交通情報システムの運用が開始される前に導入される必要がある
市バス運行管理システム														
市バス情報提供システム														
市バス運賃支払いシステム														
中期 チェンナイ周辺環状道路のITS	交通管制システム													
	料金徴収システム													
	動的軸重計測システム													

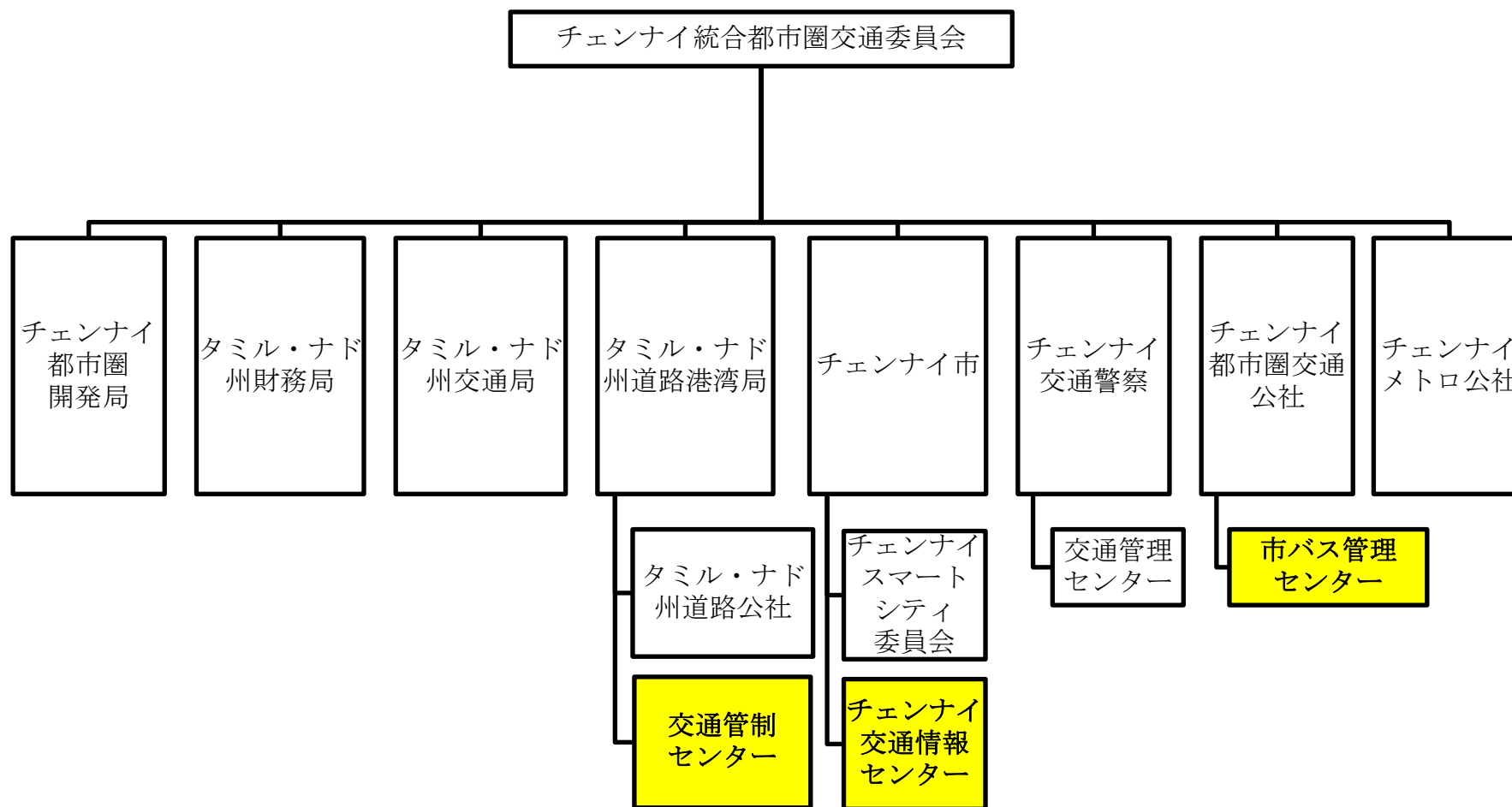
 : 準備 (設計, 調達, 設置, など.)
 : 運用

(出典: JICA調査団)

1.1 組織の提案

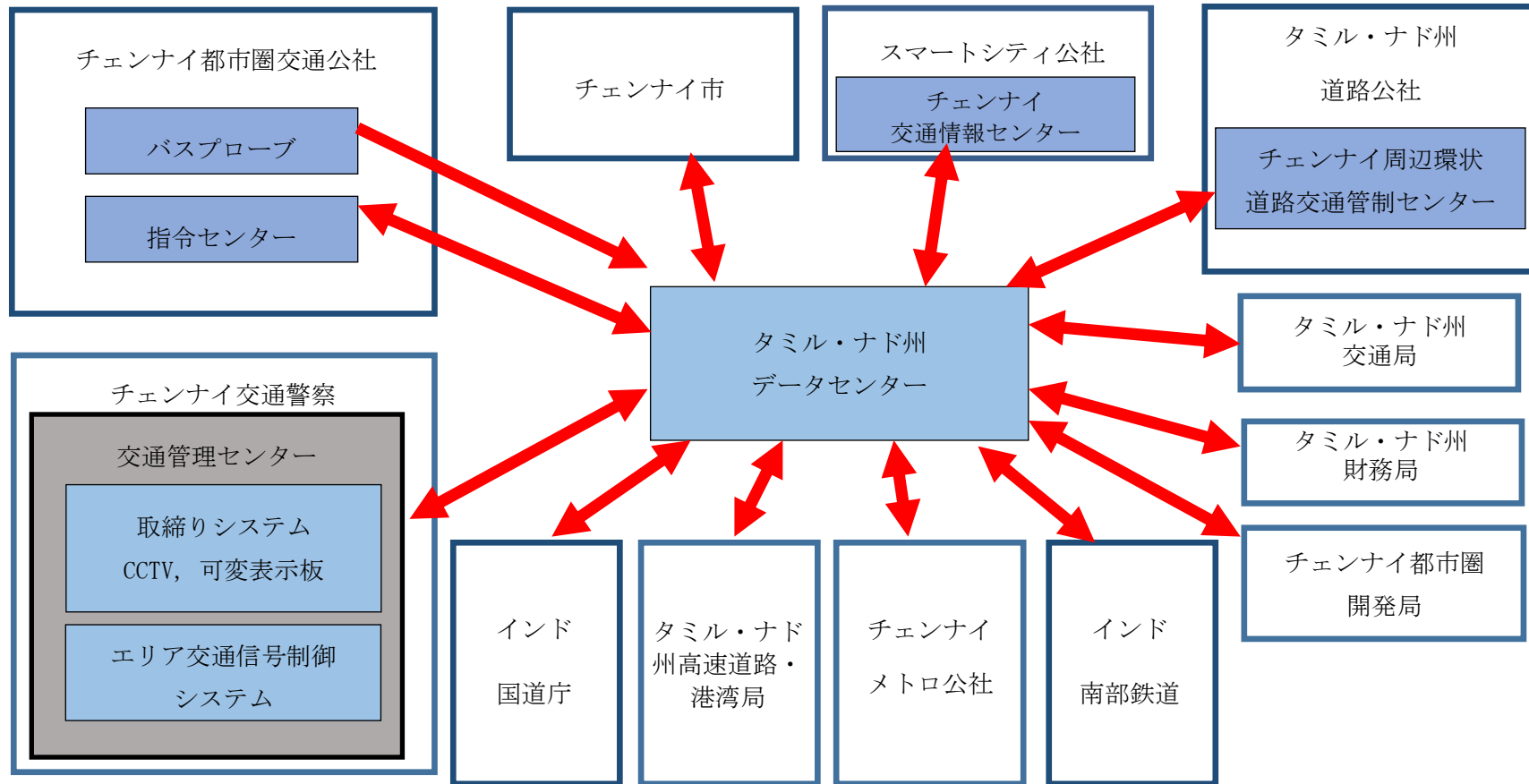
次ページにチェンナイにおける ITS 関係機関の全体的な組織構成案を示す。本調査で提案した ITS ではチェンナイ交通情報センター、チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター、市バス管理センターの3つの新しいセンターが設置される。チェンナイ統合都市圏交通委員会がチェンナイの交通セクターにおける意思決定、関係機関の意見調整を行う。ITS は、適切な運営、維持管理、計画、及び更新を継続して実施してゆくにあたって、分野横断的な事項に対処することが必要となる。したがって、関係機関の関与と関係機関との間での調整が重要となる。そのため、これらのセンターは図 I I で示されるチェンナイ統合都市圏交通委員会の枠組みの下、それぞれの機関の下に設立されることが望ましい。

図 I I I に関連機関とデータ／情報交換の流れを示す。新しいセンターの中央サーバーは高いセキュリティ対策と十分な維持管理が期待できるタミル・ナド州データセンターへの設置が推奨される。図に示されるようにデータや情報はタミル・ナド州データセンターに設置された中央サーバーを通じて関係機関と交換される。



(出典：JICA調査団)

図 I I チェンナイにおける ITS 関係機関の全体的な組織構成 (案)



(出典：JICA調査団)

図 I I I 関連機関とデータ/情報交換

1.2 概算費用

概算費用を表 I X に示す。長期の概算費用については諸々の要素について現時点では確定的ではないため、含めていない。

表 I X 概算費用

(単位:1千万ルピー)

ITSコンポーネント		機器費	年間運営維持管理費	機器費	年間運営維持管理費	機器費	年間運営維持管理費
		短期(ステージ1)		短期(ステージ2)		中期	
チェンナイ交通情報システム	チェンナイ交通情報センター (含:プローブシステム、インターネットシステム)	43.5	7.3		7.3	1.4	7.4
	交通量計測システム	22.6					
	冠水計測・警告システム	7.0					
	小計	73.1				1.4	
市バスシステム	市バス運行管理システム	14.6	13.0		13.0		13.0
	市バス情報提供システム	38.7					
	市バス運賃支払システム	76.6					
	小計	129.9					
交通管理システム	交通管理センター	8.7	18.2	0.6	40.5 (18.2+22.3)		40.5
	エリア交通信号制御システム	146.6		222.6			
	CCTV交通監視システム	4.7					
	可変表示板システム	21.9					
	小計	181.9		223.2			
チェンナイ周辺環状道路の ITS	交通管制システム					150.1	15.0
	料金徴収システム(含:動的軸重計測システム)					30.6	3.1
	小計					180.7	
合計		384.9	38.5	223.2	60.8	182.1	79.0

機器費合計	790.2
--------------	--------------

※上記の各ITSコンポーネントに10%の予備費を見込む
 ※交差点改良のための最小限の土木工事費はエリア交通信号制御システムの機器費に含まれる
 ※年間運営維持管理費は初期コストの10%と見積もる
 (出典: JICA調査団)

目次

調査対象位置図

要約

目次

1	序論.....	1
1.1	調査の背景.....	1
1.2	調査概要.....	2
1.3	作業項目.....	3
1.4	合同会議と主な関係機関.....	4
1.4.1	合同会議.....	4
1.4.2	本調査における主な関係機関.....	5
1.5	調査団メンバーとチーム構成.....	6
1.6	成果品と提出時期.....	6
2	チェンナイの現況、計画及び課題.....	7
2.1	社会経済状況.....	7
2.1.1	チェンナイ都市圏の概要.....	7
2.1.2	人口概要.....	7
2.1.3	タミル・ナド州及びチェンナイにおける日系企業.....	9
2.1.4	気候と洪水.....	9
2.1.5	道路交通に関する法制度と運用状況.....	11
2.1.6	ITSに関する法制度.....	15
2.2	チェンナイにおける関連組織.....	17
2.2.1	タミル・ナド州インフラ開発庁 (Tamil Nadu Infrastructure Development Board).....	17
2.2.2	チェンナイ交通警察 (Chennai Traffic Police).....	18

2.2.3	チェンナイ都市圏開発局 (Chennai Metropolitan Development Authority)	20
2.2.4	チェンナイ市 (Greater Chennai Corporation) ..	21
2.2.5	タミル・ナド州都市インフラ融資サービス公社 (Tamil Nadu Urban Infrastructure Financial Service Limited)	23
2.2.6	チェンナイ・メトロ公社 (Chennai Metro Rail Limited)	23
2.2.7	チェンナイ都市圏交通公社 (Metropolitan Transport Corporation)	24
2.2.8	タミル・ナド州高速道路公社 (State Express Transport Corporation)	25
2.2.9	タミル・ナド州高速道路・港湾局 (Department of Highways and Minor Ports)	25
2.2.10	タミル・ナド州道路公社 (Tamil Nadu Road Development Company)	25
2.2.11	タミル・ナド州交通局 (Tamil Nadu State Transport Authority)	26
2.2.12	チェンナイ統合都市圏交通委員会 (Chennai Unified Metropolitan Transport Authority)	27
2.2.13	インド南部鉄道 (Southern Railways)	29
2.2.14	タミル・ナド都市インフラ開発財務公社 (Tamil Nadu Urban Finance and Infrastructure Development Corporation Ltd)	30
2.2.15	タミル・ナド州データセンターとタミル・ナドエレクトロニクス公社 (Tamil Nadu State Data Centre and Electronics Corporation of Tamil Nadu)	31
2.3	道路・交通に関する現状と計画.....	33
2.3.1	チェンナイの道路・交通状況の概要.....	33
2.3.2	道路網	34
2.3.3	鉄道ネットワーク	48

2.3.4	バス・ネットワーク	57
2.3.5	その他の交通機関	60
2.4	ITS の現況と計画	61
2.4.1	チェンナイにおける ITS の概要	61
2.4.2	チェンナイ交通警察の ITS 設備	61
2.4.3	市バスの ITS	63
2.4.4	チェンナイ・メトロの ITS	64
2.4.5	チェンナイの交通系共通カード	66
2.4.6	有料道路における ITS 設備	67
2.4.7	インドの FASTag 自動料金収受システム	73
2.4.8	道路事故データ管理システム	76
2.4.9	ナンバープレートの標準化	78
2.4.10	車両データベース	79
2.4.11	インド工科大学チェンナイ校の活動	81
2.4.12	民間タクシー会社による IT サービス	85
2.4.13	道路管理システム	87
2.4.14	インドにおけるその他の ITS 導入の事例	88
2.5	主要な開発計画	91
2.5.1	全国都市交通政策	91
2.5.2	第2次チェンナイ・マスタープラン	91
2.5.3	チェンナイ総合交通計画	92
2.5.4	スマートシティ構想	94
2.5.5	タミル・ナド州ビジョン 2023	97
3	交通需要推計	99
3.1	目的・手順	99
3.2	既存調査のデータ収集・整理	100
3.3	交通調査の実施	101

3.3.1	交通量調査	101
3.3.2	旅行速度調査	102
3.4	交通需要推計用データの作成	103
3.4.1	ODデータの作成	103
3.4.2	ネットワークデータの作成	118
3.4.3	QV条件の設定	120
3.4.4	料金所と通行料金の設定	120
3.5	現在の交通状況	122
3.5.1	交通量配分	122
3.5.2	現況再現	123
3.5.3	現在の交通状況	123
3.6	将来交通需要予測	125
3.6.1	将来推計年次の設定	125
3.6.2	将来ODデータの作成	125
3.6.3	将来ネットワークデータの作成	131
3.6.4	将来交通需要予測	132
3.6.5	将来道路交通の問題	134
4	チェンナイ都市圏における主な課題	136
5	課題を踏まえたITS整備の基本方針(案)	138
5.1	課題解決のために必要な対策	138
5.2	ITSによる対策	143
5.3	対策を実現するためのITSメニュー	145
5.4	ITSの段階的整備方針	148
5.5	段階毎のITS	150
5.6	概略検討対象のITSコンポーネント	155
5.7	ITSの実施スケジュール(案)	157
6	ITSコンポーネントの概略検討	159

6.1	チェンナイ交通情報センター.....	159
6.1.1	チェンナイ交通情報センターの目的とサブシステム.....	159
6.1.2	プローブシステム.....	159
6.1.3	交通量計測システム.....	162
6.1.4	冠水計測・警告システム.....	166
6.1.5	センターシステム（チェンナイ交通情報センター）.....	170
6.2	交通警察の交通管理システム.....	175
6.2.1	エリア交通信号制御システム.....	175
6.2.2	CCTV交通監視システム.....	187
6.2.3	可変表示板システム.....	190
6.3	チェンナイ周辺環状道路のためのITSコンポーネント.....	193
6.3.1	料金徴収システム.....	194
6.3.2	交通管制システム.....	202
6.4	公共バスへのITSの導入.....	212
6.4.1	市バス運行管理システム.....	213
6.4.2	市バス情報提供システム.....	220
6.4.3	市バス運賃支払いシステム.....	224
6.4.4	公共バスのITSの現況.....	226
7	チェンナイにおけるITSの関係機関.....	227
7.1	組織構成案.....	227
7.2	関連機関とデータ／情報交換.....	229
7.3	ITSコンポーネントのための機関の役割.....	231
7.3.1	新センターの責任組織.....	231
7.3.2	その他の組織.....	233
7.4	チェンナイ交通情報センターと関係機関の関与.....	236
7.4.1	チェンナイ交通情報センターの役割：蓄積データの活用.....	236
7.4.2	関係機関との情報交換.....	237

8	概算費用.....	240
9	ITSコンポーネントの評価.....	241
9.1	目的・手順.....	241
9.2	ITS評価メニューの整理.....	242
9.3	ITS評価手法.....	244
9.3.1	ITSメニュー導入による効果の予測ケース.....	244
9.3.2	ITSメニュー導入による効果の予測手法.....	244
9.3.3	車両走行費単価（VOC）の設定.....	247
9.3.4	旅行時間費単価（TTC）の設定.....	248
9.4	ITSメニュー導入による効果の計測.....	250
9.5	ITSメニュー導入費用の整理.....	250
10	経済評価.....	252
10.1	目的・手順.....	252
10.2	経済評価の指標.....	253
10.3	経済評価の結果.....	254
10.4	感度分析.....	254
11	ITS実施のための参考情報.....	255
11.1	電子式道路課金システム（Electronic Road Pricing：ERP）.....	255
11.1.1	電子道路課金（ERP）とは.....	255
11.1.2	域内課金と路線課金.....	256
11.1.3	渋滞課金導入の判断について.....	256
11.1.4	課金エリアの選択.....	257
11.1.5	サービス水準.....	258
11.1.6	課金の概念.....	259
11.1.7	電子道路課金（ERP）の技術と諸外国での導入事例.....	260
11.1.8	その他の重要な事項.....	263

11.2	交通系共通カード.....	265
11.2.1	交通系共通カードをチェンナイに導入する合理的な理由.....	266
11.2.2	交通系共通カードの特徴.....	266
11.2.3	交通系共通カード事業に係わる事業者.....	267
11.2.4	決済方法とクリアリングハウス.....	268
11.2.5	管理委員会.....	270
12	結論と提言.....	272

添付資料 1 : 関係機関及び省庁

添付資料 2 : I T S コンポーネントの基本的要求事項

添付資料 3 : 総合交通調査によって提案された主なプロジェクトの進捗状況

添付資料 4 : 交通調査報告書

図表リスト

図 1. 1	JICA調査団メンバー構成図.....	6
図 2. 1	チェンナイの洪水.....	10
図 2. 2	2015年チェンナイでの洪水被災地.....	10
図 2. 3	タミル・ナド州インフラ開発庁 組織図.....	18
図 2. 4	交通警察 組織図.....	19
図 2. 5	チェンナイ市の執行委員会 組織図.....	22
図 2. 6	チェンナイ市の行政組織図.....	22
図 2. 7	チェンナイ都市圏交通公社 組織図.....	24
図 2. 8	インド南部鉄道 組織図.....	29
図 2. 9	タミル・ナドエレクトロニクス公社及びタミル・ナド州データセンター 組織図...32	
図 2. 10	チェンナイ都市圏における主要な道路網.....	35
図 2. 11	建設中の外環状道路.....	37
図 2. 12	チェンナイ周辺環状道路の路線図.....	38
図 2. 13	交通量調査結果.....	41
図 2. 14	交通量調査箇所.....	42
図 2. 15	調査箇所地点における車種別の比率.....	43
図 2. 16	内環状道路の交通状況.....	43
図 2. 17	道を遮るコンテナ車両.....	44
図 2. 18	チェンナイ港へのアクセス道路における渋滞.....	45

図 2. 19	外環状道路と放射道路との接続性の問題.....	46
図 2. 20	旅行速度 調査結果.....	47
図 2. 21	横断歩道と横断を防げるバリケード.....	47
図 2. 22	直進出来ない交差点.....	48
図 2. 23	チェンナイの鉄道網地図.....	49
図 2. 24	チェンナイ郊外鉄道ネットワーク.....	50
図 2. 25	チェンナイ・メトロ（フェーズ1）の路線図.....	52
図 2. 26	チェンナイ・メトロ（フェーズ2）の路線図.....	54
図 2. 27	チェンナイ・メトロ駅に併設された駐車場（上：乗用車用，下：2輪車用）.....	55
図 2. 28	チェンナイ・モノレールの計画路線（フェーズ1）.....	56
図 2. 29	チェンナイ・モノレール、チェンナイ・メトロ及び近郊鉄道の接続.....	57
図 2. 30	検討中の高速バス輸送システム路線.....	58
図 2. 31	メトロ駅からバスターミナルへの案内標識と通路.....	59
図 2. 32	バスターミナル.....	59
図 2. 33	出発地から最終目的地までの移動手段（オートリキシャ、タクシー）.....	60
図 2. 34	決まったルートを走行する移動手段（乗り合いオートリキシャ、ミニバス）.....	60
図 2. 35	信号と CCTV（左）、可変表示板（右）.....	62
図 2. 36	ハンディー端末と発券機.....	63
図 2. 37	トークン.....	64
図 2. 38	チェンナイ・メトロの非接触スマート・カード.....	65

図 2. 39	有料道路の概要.....	69
図 2. 40	料金所 (スラパチュ)	71
図 2. 41	情報板 (左)、非常電話 (中央)、気象観測装置 (右)	72
図 2. 42	料金所 ペルギディ (左)、料金所 シルセリ (右)	72
図 2. 43	料金所 ウッタディ (左)、州道 49 号 (右)	72
図 2. 44	R F I D タグ (F A S T a g)	75
図 2. 45	道路事故データ管理システム：事故発生箇所.....	77
図 2. 46	道路事故データ管理システム：事故発生頻度別のグリッド表示.....	77
図 2. 47	ナンバープレート (タミル・ナド州)	78
図 2. 48	車両に取付けられているナンバープレート.....	79
図 2. 49	車両データベース・アーキテクチャー.....	80
図 2. 50	画像処理モニター・イメージ.....	81
図 2. 51	電波方式車両検知器.....	82
図 2. 52	赤外線方式車両検知器.....	82
図 2. 53	バスに設置された G P S 装置.....	83
図 2. 54	アンドロイド向けに開発されたアプリケーション画面イメージ.....	84
図 2. 55	可変情報板に表示された情報.....	84
図 2. 56	O l a C a b モバイルアプリケーションの利用例.....	86
図 2. 57	国道：道路資産管理システムイメージ.....	87
図 2. 58	州道：道路資産管理システムイメージ.....	88

図 2. 59	アーメダバードにおける可変情報板による道路交通情報提供.....	89
図 2. 60	バスターミナル及びバス停での運行情報提供.....	90
図 2. 61	バス管理センター.....	90
図 2. 62	スマートシティの主要な構成要素.....	96
図 3. 1	交通需要推計の実施フロー.....	99
図 3. 2	既存調査のゾーン区分.....	100
図 3. 3	調査位置と調査結果.....	101
図 3. 4	調査位置と調査結果.....	102
図 3. 5	本調査のゾーン区分.....	103
図 3. 6	本調査の集約ゾーン区分（大ゾーン：左、中ゾーン：右）.....	104
図 3. 7	現況ODの地域間OD量.....	118
図 3. 8	本調査のネットワークデータ.....	119
図 3. 9	QV条件.....	120
図 3. 10	料金所位置と通行料金：.....	121
図 3. 11	交通量配分フロー.....	122
図 3. 12	交通量調査結果と交通量配分結果の比較.....	123
図 3. 13	交通量配分結果.....	124
図 3. 14	将来の地域間OD量.....	129
図 3. 15	チェンナイの将来推定人口.....	130
図 3. 16	将来供用予定の道路.....	131

図 3. 17	将来交通量配分結果（短期：2021年）	132
図 3. 18	将来交通量配分結果（中期：2026年）	133
図 3. 19	将来交通量配分結果（長期：2036年）	133
図 3. 20	外環状道路とチェンナイ周辺環状道路の接続の問題	134
図 3. 21	国道205号と州道57号の交差点	135
図 6. 1	プローブデータの活用による渋滞ルートの特異イメージ	160
図 6. 2	チェンナイ交通情報センターのプローブシステム全体イメージ	161
図 6. 3	プローブシステム通信システムダイヤグラム	162
図 6. 4	ループコイル方式	163
図 6. 5	画像処理方式	163
図 6. 6	ループコイル方式（ケース1）	163
図 6. 7	ループコイル方式（ケース2）	163
図 6. 8	画像処理方式：標準的な設置イメージ（縦面）	164
図 6. 9	画像処理方式：標準的な設置イメージ（平面）	164
図 6. 10	交通量計測システムの導入箇所	165
図 6. 11	交通量計測システムの通信システムダイヤグラム	166
図 6. 12	冠水計測・警告システムイメージ	167
図 6. 13	冠水計測・警告システムの導入箇所	168
図 6. 14	冠水計測・警告システムの通信システムダイヤグラム	169
図 6. 15	チェンナイ交通情報センターの概念的な構成	172

図 6. 16	大型分割テレビスクリーン簡略図.....	174
図 6. 17	エリア交通信号制御システムのイメージ.....	176
図 6. 18	時刻制御管理制御の変更イメージ.....	177
図 6. 19	作動制御の例.....	178
図 6. 20	同一交差点における複数の現示パターンの例.....	179
図 6. 21	連携信号のグリーン・ウェーブイメージ.....	179
図 6. 22	ステージ毎のエリア交通信号制御システムの整備エリア.....	186
図 6. 23	エリア交通信号制御システムの通信システムダイアグラム.....	187
図 6. 24	CCTVの設置イメージ.....	188
図 6. 25	CCTV交通監視システムの導入個所.....	189
図 6. 26	CCTV交通監視システムの通信システムダイアグラム.....	190
図 6. 27	可変情報板の導入個所.....	192
図 6. 28	可変情報板システムの通信システムダイアグラム.....	193
図 6. 29	チェンナイ周辺環状道路のセクション1（北部港アクセス道路）.....	195
図 6. 30	FASTag システムのRFID タグ.....	196
図 6. 31	タッチアンドゴー(T&G)のトールブースイメージ.....	197
図 6. 32	料金所イメージ図.....	198
図 6. 33	交通管制システムイメージ.....	203
図 6. 34	交通管制センターイメージ.....	204
図 6. 35	交通管制システムの全体構成.....	205

図 6. 36	交通量計測装置による撮影イメージ.....	206
図 6. 37	チェンナイ周辺環状道路本線に設置する可変表示板.....	208
図 6. 38	アクセス道路に設置する可変表示板.....	208
図 6. 39	交通マップの例.....	208
図 6. 40	市バス運行管理システムイメージ.....	213
図 6. 41	G P S 車載器.....	214
図 6. 42	G I S 地図上のバス位置の表示の事例.....	215
図 6. 43	市バス運行管理システムのアーキテクチャー.....	216
図 6. 44	ジオフェンスの事例.....	217
図 6. 45	整備計画の概要.....	219
図 6. 46	市バス情報提供システムのイメージ図.....	220
図 6. 47	整備計画の概要.....	222
図 6. 48	市バス運賃支払いシステムのイメージ図.....	224
図 7. 1	チェンナイにおける I T S 関係機関の全体的な組織構成イメージ.....	228
図 7. 2	関係機関とデータ／情報交換.....	230
図 7. 3	チェンナイ交通情報センターと関係機関の情報交換イメージ.....	239
図 9. 1	I T S 評価の実施フロー.....	241
図 9. 2	情報提供に関する I T S メニュー.....	244
図 10. 1	I T S 評価の実施フロー.....	252
図 11. 1	交通流速度曲線.....	259

図 11. 2	シンガポールの車載器とガントリー上の路側機器	260
図 11. 3	ロンドンのANPR	261
図 11. 4	ドイツのGNSS/CN方式	262
図 11. 5	インドのRFID：フロントガラス及びヘッドライト上のRFIDタグ（有料道路用）	263
図 11. 6	ピアツーピア及びクリアリングハウスによる決済方法	269
図 11. 7	クリアリングハウスと加盟事業者	270
表 1. 1	調査概要	2
表 1. 2	調査の作業項目	3
表 1. 3	調査における主な関係機関	5
表 1. 4	成果品と提出時期	6
表 2. 1	人口概要（2011年）	8
表 2. 2	日系企業の拠点数	9
表 2. 3	National Highway Act, 1956の目次	12
表 2. 4	National Highways Fee Rules, 2008の目次	13
表 2. 5	Motor Vehicle Actの目次	14
表 2. 6	IRCリスト	15
表 2. 7	料金徴収方式ごとの処理能力	16
表 2. 8	チェンナイ都市圏開発局のメンバー	20

表 2. 9	参加組織と代表者.....	28
表 2. 10	ワーキンググループと代表組織.....	28
表 2. 11	主要道路と接続する都市／地域.....	36
表 2. 12	チェンナイにおける建設中または計画中の主な道路網.....	36
表 2. 13	セクションごとのチェンナイ周辺環状道路の概要.....	41
表 2. 14	チェンナイ・メトロ フェーズ1の概要.....	51
表 2. 15	チェンナイ・メトロ フェーズ2の概要.....	53
表 2. 16	チェンナイ・メトロのスマートカードの概要.....	66
表 2. 17	有料道路の状況.....	68
表 2. 18	ITS設備の概要.....	71
表 2. 19	統一規格となった経緯.....	73
表 2. 20	ETC技術の6タイプの比較.....	74
表 2. 21	2008年（現状）及び2026年次における目標値：分担率.....	93
表 2. 22	短期・中期・長期の道路インフラ開発計画.....	94
表 2. 23	投資見積もり額.....	94
表 2. 24	ショートリスト化された20都市.....	95
表 2. 25	チェンナイスマートシティ公社の取締役会を構成する組織.....	96
表 2. 26	セクター毎の事業費.....	98
表 3. 1	既存調査の整理.....	100
表 3. 2	交通量調査の概要.....	101

表 3. 3	旅行速度調査の概要.....	102
表 3. 4	集約ゾーン対比表.....	104
表 3. 5	車種区分	115
表 3. 6	既存調査の乗用車換算係数.....	115
表 3. 7	既存調査の1台当たり乗車人数.....	115
表 3. 8	現況OD（2016年）のモード別トリップ数（貨物車以外）	116
表 3. 9	2008年と2016年の分担率の比較.....	116
表 3. 10	現況OD（2016年）のモード別台数（貨物車）	116
表 3. 11	現況OD（2016年）の発生集中交通量（大ゾーン）	117
表 3. 12	道路ネットワーク条件.....	119
表 3. 13	通行料金	121
表 3. 14	既往検討による将来交通需要の伸び率.....	125
表 3. 15	現況（2016年）に対する将来推計年次の交通需要の伸び率.....	126
表 3. 16	将来推計年次の分担率の設定.....	126
表 3. 17	将来推計年次のモード別トリップ数（貨物車以外）	127
表 3. 18	将来推計年次のモード別台数（貨物車）	127
表 3. 19	将来推計年次の発生集中交通量（大ゾーン）	128
表 3. 20	対象年と供用道路.....	132
表 5. 1	都市交通の課題と対策.....	138
表 5. 2	ITSによる対策.....	143

表 5. 3	対策を実現するための I T S メニュー.....	146
表 5. 4	段階的な整備方針.....	148
表 5. 5	実施期間毎に推奨される I T S	150
表 5. 6	概略設計から除外する I T S コンポーネント及び理由.....	155
表 5. 7	提案される実施スケジュール.....	158
表 6. 1	外部のセンターとの接続.....	171
表 6. 2	チェンナイ交通情報センターのコンポーネントと機能.....	173
表 6. 3	主要な信号システム方式の比較.....	183
表 6. 4	可変表示板のタイプ別の例.....	191
表 6. 5	レーンコンピュータシステムの機器リスト.....	199
表 6. 6	プラザコンピュータシステムの主要なシステム.....	201
表 6. 7	料金管理センターシステムの主要なシステム.....	202
表 6. 8	チェンナイ周辺環状道路の路側機器の配置標準（案）.....	210
表 6. 9	バスの状況に応じた色の事例.....	215
表 7. 1	チェンナイ交通情報センターと関係機関との交換情報.....	238
表 8. 1	I T S コンポーネントの概算整備費用.....	240
表 9. 1	I T S 評価メニューの整理.....	243
表 9. 2	I T S メニュー導入による効果の予測ケース.....	244
表 9. 3	I T S メニュー導入による効果の予測手法.....	245
表 9. 4	チェンナイにおける交通量調査結果（2013年調査実施）.....	246

表 9. 5	チェンナイにおける交通量調査結果の平休日集計.....	246
表 9. 6	信号制御システム導入による旅行速度改善効果.....	246
表 9. 7	車両走行費単価（2005）.....	247
表 9. 8	インド物価指数（Yearly Wholesale Price Index : All Commodities）.....	248
表 9. 9	車両走行費単価（2016）.....	248
表 9. 10	旅客車両の時間価値（2009）.....	249
表 9. 11	貨物車両の時間価値（2009）.....	249
表 9. 12	時間価値（2016）.....	249
表 9. 13	ITSメニュー導入による効果（信号制御システム+情報提供関連メニュー）...250	
表 9. 14	ITSメニュー導入費用.....	251
表 10. 1	経済評価の指標.....	253
表 10. 2	経済評価の結果（信号制御システム+情報提供関連メニュー）.....	254
表 10. 3	感度分析の結果（信号制御システム+情報提供関連メニュー）.....	254

略語表

略語	正式名称	日本語訳
ANPR	Automatic Number Plate Recording	自動車ナンバー自動読取装置
ATCC	Automatic Traffic Counters-cum-Classifier	交通量計測システム
BOT	Build-Operate-Transfer	建設-運営-移管方式
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
B/C	Benefit/Cost	費用便益比
CALM	Communication Air Interface Long Medium Range	広域無線通信方式
CBD	Central Business District	中心業務地区
CCTV	Closed Circuit Television	閉回路テレビ
CEO	Chief Executive Officer	実務責任者
CN	Cellular Network	セル方式
DBFOT	Design-Build-Finance-Operate-Transfer	設計-建設-資金調達-運営-移管方式
DR	Discount Rate	割引率
DSRC	Dedicated Short Range Communications	狭域無線通信方式
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済内部収益率
ERP	Electronic Road Pricing	電子道路課金
ETC	Electronic Toll Collection System	自動料金収受システム
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球衛星測位システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HTMS	Highway Traffic Management System	交通管制システム
IRC	Indian Road Congress	インド道路会議
ITS	Intelligent Transport Systems	高度道路交通システム
JETRO	Japan Export Trade Research Organization	日本貿易振興機構
LCV	Light Commercial Vehicle	小型商用車
LRT	Light Rail Transit	軽軌道交通
MAV	Multi-Axle Vehicle	多軸車両

NGO	Non-Governmental Organizations	非政府組織
NPV	Net Present Value	正味現在価値
OD	Origin-Destination	起終点
PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算台数
QV	Quantity Velocity	交通容量-走行速度
RFID	Radio Frequency Identifier	自動無線識別方式
SMS	Short Message Service	ショートメッセージサービス
SPV	Special Purpose Vehicle	特別目的事業体
T&G	Touch and GO	タッチアンドゴー
TDM	Transportation Demand Management	交通需要マネジメント
TMS	Toll Management System	料金徴収システム
TTC	Travel Time Cost	旅行時間単価
VMS	Variable Message System	可変表示板 システム
VOC	Vehicle Operation Cost	車両走行費用
WPI	Wholesale Price Index	卸売物価指標

1 序論

1.1 調査の背景

道路が輸送シェアの約57%を担うインドでは、近年急速な都市化が進み、交通インフラの整備が十分に進んでいないことから、大都市圏では交通渋滞が深刻な問題となっており、これに伴う経済損失が経済発展の大きな障害となっている。とりわけ、チェンナイ都市圏の人口は、2001年の約656万人から2011年には約870万人（同国第4位：C e n s u s 2 0 1 1）に増加し、市内の交通量も増加の一途を辿っており、慢性的な交通渋滞は更に深刻化している。2010年にはチェンナイ中心部の交通渋滞緩和を目的として外環状道路が計画され、部分開業された。さらに、今後の交通需要増に対応し地域経済の発展を促進するため、州政府によって外環状道路の外側に「チェンナイ周辺環状道路」が計画されている。また、チェンナイ周辺環状道路の利用促進を目的としてITSの整備が検討されている。さらに、市内の交通渋滞の緩和に寄与する都市内ITSの整備も検討されている。

チェンナイ周辺環状道路建設事業が検討されているが、ITSについてはコンポーネントが多岐に渡り多くの関係機関が存在することからも、現時点で基本的な整備方針が策定されていない。このため、本調査では、ITSの基本方針の策定に必要な情報を収集すると共に、その基本方針（案）について検討を行う。

1.2 調査概要

本調査の概要を以下に示す。

表 1.1 調査概要

項目	内容
案件名	インド国チェンナイ都市圏 ITS に係る情報収集・確認調査
調査期間	2016年1月～2017年2月
調査の目的	タミル・ナド州チェンナイ都市圏において、チェンナイ周辺環状道路及び都市内 ITS 整備のための基本方針策定に必要な情報を収集し、基本方針（案）の検討を行う。
対象地域	インド国タミル・ナド州チェンナイ都市圏
関係官庁・機関	タミル・ナド州高速道路・港湾局 (Highways & Minor Ports Department) タミル・ナド州インフラ開発庁 (Tamil Nadu Infrastructure Development Board) その他、チェンナイ都市圏における交通運輸関係機関

(出典：JICA調査団)

1.3 作業項目

本調査における作業項目は以下となる。

表 1.2 調査の作業項目

項番	作業項目
(1)	社会経済状況及び都市交通分野に係る現況、将来の動向の把握
1)	社会経済状況の把握
2)	都市交通に係る政策・整備計画の把握
3)	交通状況の把握
(2)	ITSの把握
1)	ITSの現況及び将来計画の把握
2)	関係機関の把握
(3)	交通調査、需要予測
1)	既存文献、資料の調査
2)	交通調査の実施
3)	交通需要予測
(4)	ITSの基本方針(案)の検討
1)	交通インフラの最適活用、交通管理の観点からの課題の整理
2)	導入の基本方針の検討
3)	ITSメニューの検討
4)	導入による効果の予測
(5)	ITS運営管理内容、体制の検討

(出典：JICA調査団)

1.4 合同会議と主な関係機関

1.4.1 合同会議

チェンナイ都市圏においては、多くのITSに係る関係機関が存在する。このため、本調査では関係機関による合同会議が開催される。本合同会議はITSメニュー案、基本方針案、運営組織等、重要な項目に係る意見交換と共通認識を図ることを目的とし、インテリムレポートやドラフトファイナルレポート提出時などのマイルストーン毎に開催されるものである。本合同会議は、本調査のカウンターパート機関であるタミル・ナド州インフラ開発庁によって招集される。

1.4.2 本調査における主な関係機関

本調査における主な関係機関は以下となる。

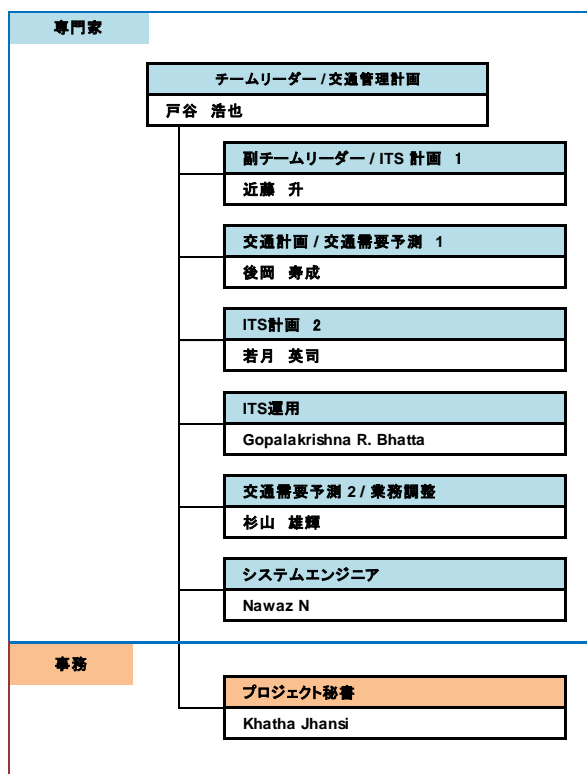
表 1.3 調査における主な関係機関

組織名	役割
タミル・ナド州インフラ開発庁	タミル・ナド州におけるインフラ整備事業を推進するための調整機関
チェンナイ交通警察	交通管理者
チェンナイ都市圏開発局	チェンナイ都市圏における都市計画及び都市交通計画のための計画局
チェンナイ市	市内の道路管理者。道路交通設備整備の実施も担う。
タミル・ナド州都市インフラ融資サービス公社	都市のインフラ融資に係るドナー等の管理窓口
チェンナイ・メトロ公社	チェンナイ・メトロの管理・運営
チェンナイ都市圏交通公社	市バス事業者
タミル・ナド州高速道路公社	都市間バス事業者
タミル・ナド州高速道路・港湾局	タミル・ナド州における州道、及び州管轄の港湾を管理。チェンナイ周辺環状道路を管轄。
タミル・ナド州道路公社	タミル・ナド州高速道路・港湾局配下の有料道路（州道）の実施機関。チェンナイ周辺環状道路（セクション1）の実施機関。
タミル・ナド州交通局	車検、車両登録、ナンバープレートの管理
チェンナイ統合都市圏交通委員会	都市交通セクターにおける関係機関から構成される、都市交通に係る意思決定及び調整
タミル・ナド都市インフラ開発財務公社	スマートシティ、ジャワハルラル・ネルー全国都市再生計画といった事業に関して地方自治体などの実施機関に対する資金援助を担う
タミル・ナド州データセンター	タミル・ナド州政府の中央データセンター
タミル・ナドエレクトロニクス公社	サーバの運用保守などを含むタミル・ナド州データセンターの実施機関
インド国道庁	国道の管理者
インド工科大学チェンナイ校	ITSに係る研究開発
チェンナイススマートシティ公社	チェンナイススマートシティプロジェクトのための特別目的会社

(出典：JICA調査団)

1.5 調査団メンバーとチーム構成

調査団メンバーと調査団の構成について下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 1.1 JICA調査団メンバー構成図

1.6 成果品と提出時期

本調査は2016年1月8日に始まり、翌年2月27日に完了する。下表に本調査における成果品と提出時期について示す。

表 1.4 成果品と提出時期

レポート名	提出時期	部数
インセプションレポート	2016年1月	和文8部、英文10部
インテリムレポート	2016年7月	和文8部、英文10部
ドラフトファイナルレポート	2016年11月	和文8部、英文10部
ファイナルレポート	2017年1月	和文8部、英文10部、CD-R3部

(出典：JICA調査団)

2 チェンナイの現況、計画及び課題

2.1 社会経済状況

2.1.1 チェンナイ都市圏の概要

チェンナイは、タミル・ナド州北東部のベンガル湾コロマンデル海岸沿いに位置するタミル・ナド州の州都である。チェンナイ都市圏とは、チェンナイ県と、隣接するカーンチプラム県およびティルヴァール県の一部を含む地域を指す。都市圏の人口規模、経済規模ともにインドで4番目である。一人当たりのGDPは3番目となる。当地域は「南インドの玄関口」と呼ばれ、チェンナイ港とエンノール港の2つの主要な港がある。チェンナイ港は、ムンバイのジャワハルラール・ネルー港に次いで取扱量がインドで2番目に多い港である。チェンナイ港の北およそ15 kmに位置するエンノール港は、主に石炭と鉄鉱石やバルクを取り扱っている。

チェンナイ都市圏には10以上の経済特別区が整備されており、自動車、情報関連産業、バイオテクノロジー関係を中心として、これらの地域に国内外の多くの企業の活動拠点が存在する。中でも、当地域は「南アジアのデトロイト」とも呼ばれ、BMW、フォード、ルノー日産といった自動車メーカーとその関連企業が、郊外に位置するオラガダムやマヒンドラワールドシティーといった工業団地などに進出している。また、チェンナイ市南部の州道49A号は「IT回廊」と呼ばれ、道路沿いには多くのIT関連企業が立地している。チェンナイは、ナレンドラ・モディ首相のスマートシティ構想の下、スマート都市として開発する20の都市の一つに選ばれている。

2.1.2 人口概要

2011年の国勢調査によれば、タミル・ナド州における人口は7,214万人であり、チェンナイ都市圏の人口はおよそ870万人である。チェンナイ市は460万人である。過去10年間の人口増加率はタミル・ナド州では15.61%、チェンナイ市では6.98%である。

チェンナイ市の人口密度は約 26,553 人/km²であり、これは世界の都市の中でも有数の人口密度が高い都市となる。タミル・ナド州及びチェンナイの識字率はそれぞれ 80%、90%であり、これらは全国平均である 73%を上回る。一方で、インドの大都市の中で 4 番目に多いスラム人口を抱えており、都市圏人口の約 20%を占めると言われている。チェンナイの主要民族はタミル人であり、次いでテルグ人が多い。主な言語はタミル語であり、ホワイトカラー労働者を中心に英語も広く話されている。その他はテルグ語、ヒンディー語、マラヤラム語、カンナダ語となる。

以下に概要を整理する。

表 2.1 人口概要 (2011年)

	項目	チェンナイ市※1	タミル・ナド州※1	インド全国※2
1	面積 (km ²)	426	130,058	3,287,263
2	人口 (百万人)	4.64	72.14	1210.57
3	人口増加率 (%: 10年間)	6.98	15.61	17.68
4	人口密度 (人/km ²)	26,553	555	383
5	識字率 (%)	90	80	73
6	GDP (USD/人)	1,870	2,464	1,581
7	外国人観光客数 (百万人)	0.63	4.0	7.7

※1チェンナイ市、タミル・ナド州：2011年タミル・ナド州国勢調査、The Times of India ウェブサイトに基づく。

※2インド：日本国外務省、日本政府観光局ウェブサイトに基づく（観光客数は国ごとに算出方法が異なる）。

（出典：2011年タミル・ナド州国勢調査、The Times of India ウェブサイト、外務省ウェブサイト、日本政府観光局ウェブサイト）

2.1.3 タミル・ナド州及びチェンナイにおける日系企業

タミル・ナド州に進出している日系企業の拠点数は2014年時点で577拠点であり、インドの州では2番目に多くの日系企業が進出している。また、このうちの450拠点がチェンナイに存在する。業種別ではサービス業（135拠点）、自動車関連業（113拠点）、機械（83拠点）、物流（63拠点）の順に多い。また、当地に進出する日系企業の数も年々増加しており、2010年の240拠点より約2.4倍の拠点数である。

表 2.2 日系企業の拠点数

地域	2010年	2014年
インド全国	1,236	3,961
タミル・ナド州	240	577
チェンナイ	—	450

（出典：JETRO及び在インド日本国大使館の調査報告書）

2.1.4 気候と洪水

チェンナイは、インド大陸の東側、ベンガル湾の沿岸地域に位置する。天候は年間を通じて一般的に高温多湿であり、大きな気温の変化はあまりない。9月中旬から12月中旬までがモンスーンの期間であり、この時期が雨季に該当する。またベンガル湾で発生したサイクロンが度々都市を襲い、広範な地域に大雨をもたらすことがある。年間の平均降雨量は約1,500mmである。雨季の期間は街中の多くの場所で冠水が発生する。年間で最も暑い季節は5月の終わりから6月の頭にかけてであり、この時期の最高気温は約35～40℃に達する。最も涼しいのは1月で、最低気温は約15～22℃となる。過去記録された最高気温は45℃で、最低気温は13.8℃である。

タミル・ナド州における大洪水（2015年）

2015年11月～12月にかけて、モンスーンの影響により豪雨に見舞われ、南インドの各地で洪水が発生した。主にコロマンデル沿岸部を中心に広範囲に渡って深刻な被害をもたらした。これらにはタミル・ナド州、アンドラプラデシュ州及びポンディチェリ連邦直轄領

2.1.5 道路交通に関する法制度と運用状況

インドにおける道路交通に関する主な法制度には（1）National Highway Act, 1956、（2）National Highways Fee Rules, 2008、（3）Motor Vehicle Act、そして（4）Indian Road Congress（以下IRC）が発行する規定集がある。

National Highway Act, 1956は国道建設時における土地収用等のさまざまな高速道路建設・運営に関する事項を規定しており、その中に料金徴収の法的根拠が記述されている。National Highways Fee Rules, 2008は道路利用者に対する料金設定等の具体的なルールを規定している。1939年に自動車に関する法律を統合・改正し制定されたMotor Vehicle Actは、排ガス規制や、車検、免許、罰金、自動車税等について規定している。一方、IRCの規定集は、道路と道路付帯設備に関する基準（例：道路（一般道、高速道路）・橋梁・トンネル等の構造の規格、高速道路の料金所における料金徴収方式毎（マニュアル、タッチアンドゴー(T&G)、ETC）の単位時間当たりの最低処理能力、情報板に係る規格など）を定めた規定をまとめたものである。

以下に、それぞれの概要を目次にて示す。

表 2.3 National Highway Act, 1956の目次

No	章題
1	Short title, extent and commencement (略称、適用地域及び施行日)
2	Declaration of certain highways to be national highways (国道の指定)
3	Definitions (定義)
4	National highways to vest in the Union (国家に帰属する国道)
5	Responsibility for development and maintenance of national highways (国道の建設・管理における責任)
6	Power to issue directions (指示権限)
7	Fee for services or benefits rendered on national highways (サービスに対する料金と国道の利益)
8	8A. Power of Central Government to enter into agreements for development and maintenance of national highways (国道の開発とメンテナンスのために協定を結ぶ中央政府の権限) 8B. Punishment for mischief by injury to national highway (国道への損害に対する刑罰)
9	Power to make rule (規制の権限)
10	Laying of notifications, rule, etc, before Parliament (議会前の通知・規制の提出)

(出典：National Highway Act, 1956よりJICA調査団が作成)

表 2.4 National Highways Fee Rules, 2008の目次

No	章題
1	Short title, extent and commencement (略称、適用地域及び施行日)
2	Definitions (定義)
3	Levy of fee (料金の課税)
4	Base rate of fee (料金の基本設定)
5	Annual revision of rate of fee (基本料金の改定)
6	Collection of fee (料金の徴収)
7	Remittance and appropriation of fee (送金と料金の支出)
8	Location of toll plaza (料金所の位置)
9	Discounts (割引)
10	Rate of fee for overloading (過積載に対する追加料金)
11	Exemption from payment of fee (料金支払いの免除)
12	Display of Information (情報提供)
13	Unauthorised collection (未許可の徴収)
14	Failure to pay fee (料金の支払いを怠る場合の規定)
15	Power of Central Government to verify records (料金徴収の確認に係る中央政府の権限)
16	Collection of fee in respect of Private Investment Project (料金所における発進制御バーの設置)
17	Bar for installation of additional barrier (追加的なバーの設置)

(出典: National Highways Fee Rules, 2008よりJICA調査団が作成)

表 2.5 Motor Vehicle Act の目次

章	章題	内容
1	PRELIMINARY	定義、目的、改訂履歴等
2	LICENSING OF DRIVERS OF MOTOR VEHICLES	ライセンス年齢制限、自動車所有者責任等
3	LICENSING OF CONDUCTORS OF STAGE CARRIAGES	乗合自動車のライセンス
4	REGISTRATION OF MOTOR VEHICLES	自動車登録方法等
5	CONTROL OF TRANSPORT VEHICLES	車両管理に係る州政府の権限等
6	Special Provisions Relating To State Transport Undertakings	州の道路交通政策等
7	CONSTRUCTION, EQUIPMENT AND MAINTENANCE OF MOTOR VEHICLES	自動車の建造、設備、メンテナンス等
8	CONTROL OF TRAFFIC	時速制限、重量制限等
9	MOTOR VEHICLES TEMPORARILY LEAVING OR VISITING INDIA	自動車の一時的な出入国の扱い
10	LIABILITY WITHOUT FAULT IN CERTAIN CASES	特定ケースの無過失責任
11	INSURANCE OF MOTOR VEHICLES AGAINST THIRD PARTY RISKS	損害賠償責任に対する自動車保険
12	CLAIMS TRIBUNALS	裁判請求
13	OFFENCES, PENALTIES AND PROCEDURE	罪、罰及び手続き
14	MISCELLANEOUS	その他

(出典：THE MOTOR VEHICLES ACT, 1988よりJICA調査団が作成)

表 2.6 IRCリスト

	大項目	小項目
1	IRC SPECIFICATIONS, STANDARDS, DESIGN CODES (IRCの仕様、標準、デザインコード)	111
2	IRC SPECIAL PUBLICATIONS (IRCの特別な出版物)	87
3	MINISTRY OF SURFACE TRANSPORT PUBLICATIONS (Now Ministry of Road Transport & Highways) (現 道路交通省)	33
4	National Highways Authority of India (インドの国道管理者)	2
5	MINISTRY OF RURAL DEVELOPMENT (National Rural Roads Development Agency) (地方道路の開発機関)	3
6	IRC SEMINAR PUBLICATIONS (IRCセミナーの出版物)	20
7	HIGHWAY RESEARCH BOARD PUBLICATIONS (高速道路調査機関の出版物)	14
8	OTHER PUBLICATIONS (その他出版物)	9
9	PERIODICALS (定期刊行)	4
10	CDs OF TECHNICAL PAPERS (技術書のCD)	5

(出典: LIST OF IRC PUBLICATIONS AVAILABLE FOR SALE, 2008よりJICA調査団が作成)

2.1.6 ITSに関する法制度

インドにおいてITSについての主な法制度として以下の3つが挙げられる。①上述したIRCの一部項目で料金徴収方式毎の処理能力規定や情報板等に関して規定したもの、②「インド中央銀行によるプリペイド料金支払いシステムに関する規約」という共通カードについて規定したもの、③国道におけるETCの技術方式に関して推奨したものがある。

①IRC

料金徴収方式毎の処理能力や情報板等に関して規定されている。具体的には、料金の単位時間あたりの標準処理能力を下記の表のように定めている。

表 2.7 料金徴収方式ごとの処理能力

料金徴収方式	単位時間当たりの処理能力
マニュアル	240台/時
タッチ&ゴー(T&G)	360台/時
E T C	1200台/時

(出典：IRC：SP：99-2013：MANUAL OF SAND ST FOR EXPRESSWAYSよりJICA調査団が作成)

②「インド中央銀行によるプリペイド料金支払いシステムに関する規約」

プリペイドカードの支払システムは共通化の程度に応じて (i) クローズシステム (ある組織内でのみスマートカードが利用可能な電子マネーシステム)、(ii) セミクローズシステム (同じカード発行者設置の読取機で利用可能な電子マネーシステム)、(iii) セミオープンシステム (異なるカード発行者設置の読み取り機でも利用可能な電子マネーシステム)、(iv) オープンシステム (スマートカードと銀行カードが一体となった電子マネーシステム) の4つのカテゴリーに定義されている。また、この規約は決済業務には銀行業の免許が必要であることを定めている。

③E T Cに関する規定

技術方式を規定した省令等は存在しないが、インドの国道におけるE T Cの方式をISO18000-6Cに準拠した自動無線識別方式 (passive RFID: Radio Frequency Identifier 以下RFID) とすることが道路交通省の委員会によって推奨されている。さらに、インド政府は高速道路におけるE T C事業実施のために "Indian Highways Management Company Ltd" を設立した。最終的にE T Cに採用される方式は州の裁量で判断されるが、国道におけるE T Cは道路交通省の委員会が推奨するRFID方式で配備が進められている状況である。

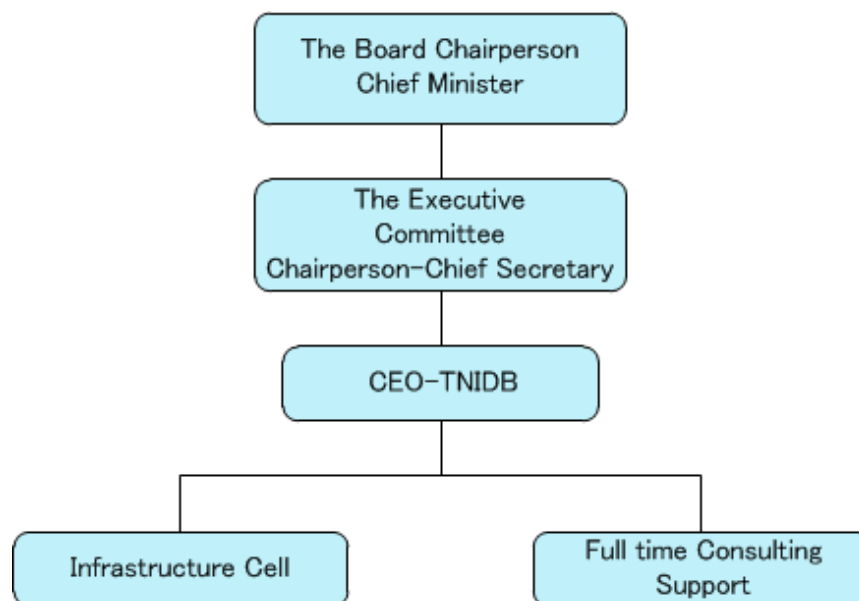
2.2 チェンナイにおける関連組織

2.2.1 タミル・ナド州インフラ開発庁 (T a m i l N a d u I n f r a s t r u c t u r e D e v e l o p m e n t B o a r d)

タミル・ナド州インフラ開発庁は、タミル・ナド州におけるインフラ整備のための調整及び計画を行う機関である。インフラ開発プロジェクトの実施を促進することを目的として2012年にタミル・ナドインフラ整備法により財務省の下に設立された。インフラ開発プロジェクトの形成、優先順位付け、事業の事前審査等を行い、州の予算の確保や中央政府の支援を受けるため関係部局と調整を行う。準備調査報告書や詳細事業計画書などを策定し、また実施中のプロジェクトを監督する。

公共事業、または官民パートナーシップによって実施されるプロジェクトに関与する。原則として、公共事業については50億ルピー以上、官民パートナーシップについては1億ルピー以上のプロジェクトについてタミル・ナド州インフラ開発庁が関与することとされている。

議長はタミル・ナド州首相であり、副議長は財務大臣である。議長の下に執行委員会が存在し、州の首席次官が幹事長を務め、10の関係部門と専門家などから構成される。最高経営責任者（CEO）が日々の業務を統括する。その下に、コアグループと呼ばれる内部組織と外部のコンサルタントや専門家が存在し、CEOを支援する。組織図を以下に示す。

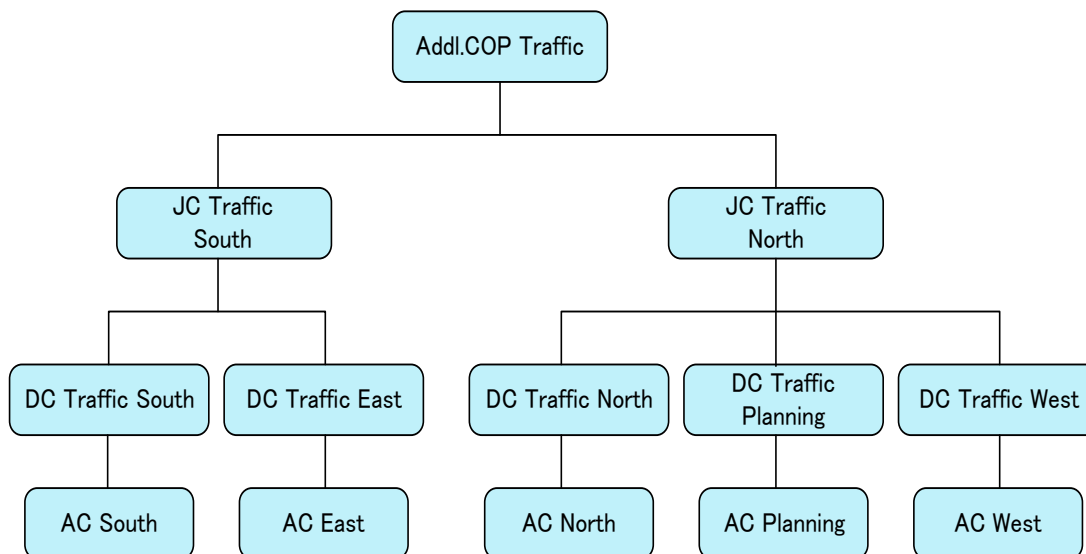


(出典：タミル・ナド州インフラ開発庁ウェブサイトを基に J I C A 調査団編集)

図 2.3 タミル・ナド州インフラ開発庁 組織図

2.2.2 チェンナイ交通警察 (Chennai Traffic Police)

チェンナイ交通警察は、チェンナイ警察の配下の部局であり、交通を管理する。チェンナイ地区における交通管理と取り締まりを管轄する。チェンナイ警察はタミル・ナド州内務統制省配下の組織であり、チェンナイ警察署長が率いる。チェンナイ交通警察はチェンナイ交通警察署長が率いる。チェンナイを北部、南部、東部及び西部の4つの管轄地域に分け、それぞれ副署長が代表する。この他、交通管理計画局が存在する。組織図を以下に示す。



(出典：タミル・ナド州警察ウェブサイトを基に JICA 調査団編集)

※Addl. COP: Additional Commissioner of Police: 警察署長

※AC: Additional Commissioner: 副署長

※JC: Joint Commissioner: 部長

※DC: Deputy Commissioner: 副部長

図 2.4 チェンナイ交通警察 組織図

2.2.3 チェンナイ都市圏開発局 (Chennai Metropolitan Development Authority)

チェンナイ都市圏開発局はチェンナイ都市圏における計画局である。都市マスタープランやニュータウン開発計画などの計画を策定する。チェンナイ都市圏はチェンナイ県と、隣接するカーンチプラム県およびティルヴァッルール県の一部から成り、この地域が管轄区域となる。計画された事業の実施はそれぞれの担当機関により行われる。住宅都市開発大臣が代表し、意思決定機関として以下のメンバーが存在する。

表 2.8 チェンナイ都市圏開発局のメンバー

Hon' ble Minister for Housing and Urban Development	Chairman
Vice-Chairman, CMDA	Vice Chairman
Member-Secretary, CMDA	Member
Secretary to Government H&UD, Finance, Industries, Transport	Member
Commissioner, Corporation of Chennai	Member
Managing Director CMWSS Board	Member
Director, Town&Country Planning	Member
Chief Urban Planner, CMDA	Member
Chief Engineer, Highways & Rural Works Department	Member
Chief Architect to Government	Member
Joint Director, Town & Country Planning	Member
Chairman, Tamil Nadu Housing Board	Member
Chairman Tamil Nadu Slum Clearance Board	Member
Member of the State Legislative Assembly	Member

(出典：チェンナイ都市圏開発局ウェブサイト)

行政・財務委員会と技術委員会、及び以下のユニットが存在する。

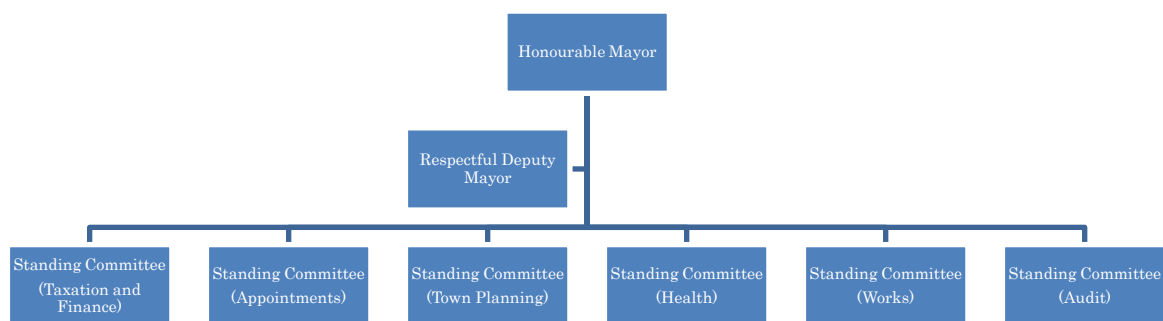
地域計画ユニット、
地域開発ユニット、
マスタープランユニット、
道路・鉄道ユニット、
施行チーム（プロジェクトの完了証明書発行などの認可業務）、
建設部門と一般ユニット

2.2.4 チェンナイ市 (Greater Chennai Corporation)

チェンナイはタミル・ナド州の政令指定都市に指定されており、チェンナイ市がその自治体である。市長を頂点とした行政機構と、200人の議員が構成する市議会を有している。各議員は直接選挙で選出される。市議会議員の中から一名、議員の投票により副市長が選出され、市長とともにいくつかの常任委員会を主宰する。行政の代表として局長が存在し、その配下に教育、保険、衛生などの行政サービスの各部局が存在する。

また、チェンナイ市は、市内の道路や、街灯などの道路の付帯設備の維持管理を管轄する。国道、州道以外の市内道路が管轄対象であり、対象道路の延長はおよそ5560kmとなる。バスの停留所、街路灯、道路標識、道路マーキング、排水、歩道、歩道橋などの設備の整備と維持管理を行い、これらの設備の所有権はチェンナイ市に属する。ただし、交通信号はこれに含まれず、チェンナイ交通警察に所有権が属し、彼らが維持管理を行っている。

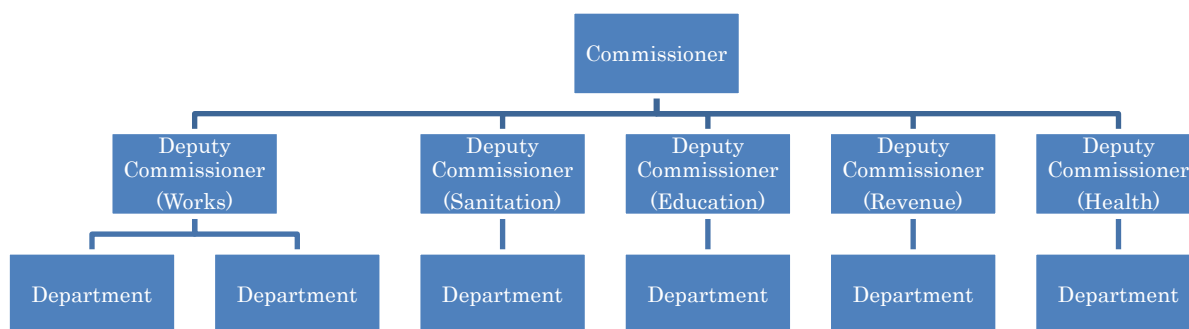
以下に組織図を示す。



※ Standing Committee : 常任委員会

(出典 : チェンナイ市ウェブサイト)

図 2.5 チェンナイ市の執行委員会 組織図



(出典 : チェンナイ市ウェブサイト)

図 2.6 チェンナイ市の行政組織図

2.2.5 タミル・ナド州都市インフラ融資サービス公社 (T a m i l N a d u U r b a n I n f r a s t r u c t u r e F i n a n c i a l S e r v i c e L i m i t e d)

タミル・ナド州におけるインフラ開発事業のための資金調達及び資金面の管理などの金融サービスを行う機関である。タミル・ナド州政府及び民間の金融機関の共同出資により設立された。民間金融機関は I C I C I 銀行、住宅開発金融公社及び I L & F S 株式会社が参加している。

サービスの対象は、市町村の自治体を実施するプロジェクトであり、排水設備、道路、橋梁の整備などが含まれる。資金調達の他、事前の実現可能性調査の実施、金融／投資の相談、プロジェクト資金の管理など、資金面における窓口機関として機能している。

2.2.6 チェンナイ・メトロ公社 (C h e n n a i M e t r o R a i l L i m i t e d)

チェンナイ・メトロの建設及び運営を行うことを目的に、2007年3月にタミル・ナド州政府によって設立された特別目的事業体 (S p e c i a l P u r p o s e V e h i c l e) である。インド中央政府及びタミル・ナド州政府それぞれが同等の株式を保有している。

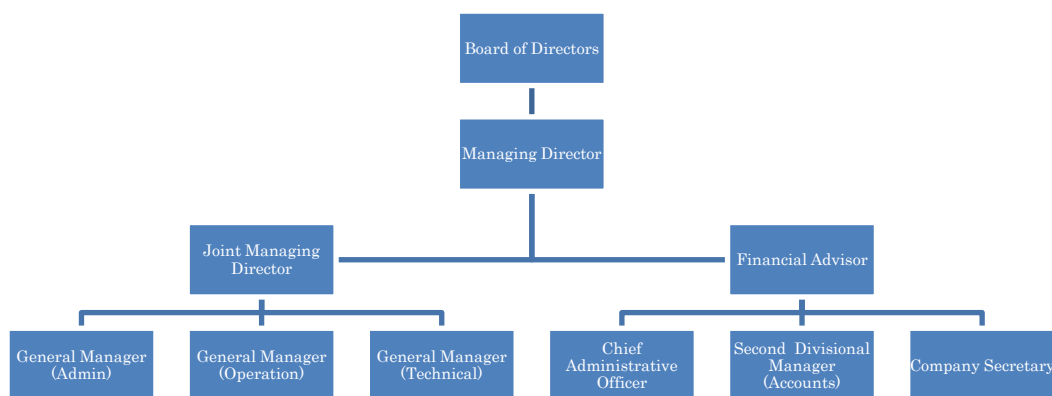
チェンナイ・メトロはチェンナイ市における高速輸送システムである。フェーズ1及びフェーズ2に分けられ、現在フェーズ1区間の一部が開通しており、残り区間が建設中である。フェーズ1区間は2路線存在し、合計の延長は45キロである。そのうちの55%が地下構造であり、残りは高架構造である。これらの路線はチェンナイ市の中心部での主要幹線道路であるアンナーサライ (マウント道路又は国道45号)、E. V. Rペーリヤールサライ (P. H道路又は国道4号)、ネールサライ (100フィート道路または内環状道路) 沿いに建設される。

現在の供用区間はネールサライ沿いの区間であり、アランドールへコエムベドからネールサライの間、延長10km、10の駅が存在する。この区間が2015年6月から供用を開始した。

2.2.7 チェンナイ都市圏交通公社 (Metropolitan Transport Corporation)

チェンナイ都市圏交通公社は、チェンナイ首都圏地域における公的な市バス事業者であり、タミル・ナド州運輸省の配下の州政府の機関である。842路線で一日におよそ48,000本の運行サービスを提供している。約4,000台のバスを保有し、常時3,700台のバスが運用されている。また、32個所の車庫、71個所のバスターミナル、151個所の主な停留所が存在する。これらに加えていくつかのバス停も存在する。一日の乗客数は約450万人である。通常バス、デラックスバス、高速バス、volvo ACシリーズなどいくつかの種類があり、それぞれ運賃も異なる。

取締役及び取締役会の下に管理部門、運行部門が存在し、さらにその下にいくつかの部門に分かれている。従業員約24,480人を擁する。組織図を以下に示す。



(出典：チェンナイ都市圏交通公社ウェブサイトを基に JICA 調査団編集)

図 2.7 チェンナイ都市圏交通公社 組織図

2.2.8 タミル・ナド州高速道路公社 (State Express Transport Corporation)

タミル・ナド州高速道路公社は、公的な長距離バス事業者であり、タミル・ナド州運輸省の配下の州政府の機関である。アンドラ・プラデシュ州、カルナタカ州、ケララ州やポンディチェリ連邦直轄領など、隣接する州や連邦直轄領の主要な場所を結ぶ。セミデラックス、スーパーデラックス、ビデオ付長距離バス、エアコンバスなど、いくつかの種類バスを運行する。

2.2.9 タミル・ナド州高速道路・港湾局 (Department of Highways and Minor Ports)

タミル・ナド州高速道路・港湾局はタミル・ナド州の州道と小規模港を管轄する。チェンナイ周辺環状道路は州道であり、実施機関はタミル・ナド州高速道路・港湾局となる。(但し、セクション1：国道5号～エンノール港区間を除く) また、チェンナイ市内の国道もこの機関が管轄する。

2.2.10 タミル・ナド州道路公社 (Tamil Nadu Road Development Company)

タミル・ナド州道路公社はタミル・ナド州高速道路・港湾局の配下に設立された道路公社である。原則として主な有料の州道のプロジェクトの実施を行う。道路建設のための資金調達、建設、運営・維持管理を行う。タミル・ナド州インフラ開発公社及びTide1パーク公社による合弁会社である。タミル・ナド州インフラ開発公社とTide1パーク公社は100%政府所有の会社であり、タミル・ナド州道路公社の株式を50%ずつ保有する。

チェンナイ周辺環状道路のセクション1区間（国道5号～エンノール港）はこのタミル・ナド州道路公社が実施機関となる。

これまでに完了した道路プロジェクト、現在進行中のもの、及び今後予定されているものを以下に示す。

a) 完了した道路プロジェクト：

- 州道49A号の建設

b) 進行中の道路プロジェクト：

- 外環状道路の建設 フェーズ1
- 外環状道路の建設 フェーズ2
- チェンナイ港・エンノール港への接続道路の建設
- 州道49号の建設

c) 今後予定されている道路プロジェクト：

- チェンナイ周辺環状道路 セクション1(国道5号～エンノール港区間)の建設

2.2.11 タミル・ナド州交通局 (T a m i l N a d u S t a t e T r a n s p o r t A u t h o r i t y)

タミル・ナド州交通局は、車両登録、車検、自動車税の徴収、車両ナンバープレートの管理、免許証の管理等を管轄する。タミル・ナド州運輸省配下の部局である。

主な目的は以下となる。

- 交通の安全を推進する
- 車両排ガスを抑制する
- 自動車税や手数料などを確実に徴収し、政府の収益を確保する
- 全市民に対して車両関連の行政サービスを適切に提供する

主な役割は以下となる。

- 運転免許証の発行
- 自動車の登録
- 車両の検査の実施や証明書発行
- 運輸業許可の付与
- 自動車税と手数料の徴収
- 事故に関係する車両の検査
- 交通安全対策の実施や車両排ガスの抑制
- 自動車学校運営免許の付与
- 車両排ガステストセンター運営免許の付与

自動車法令 1988、インド国自動車規則 1989、タミル・ナド州自動車規則 1989、タミル・ナド州自動車税法令 1974 等に則り上記の責務を実施する。

2.2.12 チェンナイ統合都市圏交通委員会 (Chennai Unified Metropolitan Transport Authority)

都市交通分野においては多くの関係機関が関与する。これらの機関が独自で施策を計画し、実施することは効率的ではなく、またこれらの機関の役割が重複する場合が多い。関係機関の間で適切な調整を行い、調和のとれた形で計画、建設、運営、維持管理を行ってゆくことが重要である。このため、チェンナイ都市圏における都市交通施策の計画・実施のために関係機関による合意形成、意思決定及び調整を図ることを目的に 2010 年に設立された。

議長はタミル・ナド州国土交通大臣が務め、副議長はタミル・ナド州首席次官、及びチェンナイ都市圏開発局副議長が務める。この下にチェンナイ都市圏における都市交通セクターに関連する 14 の州政府機関が常任メンバーとして組織されており、局長などの役職者が各組織を代表する。また、外部人材として 1 ポスト設けられている。

チェンナイ統合都市圏交通委員会を構成する組織は下記を基本とし、必要に応じてこれら以外の組織からも招集される。

表 2.9 参加組織と代表者

項番	組織名	代表者
1	タミル・ナド州運交通局	局長
2	タミル・ナド州財務局	局長
3	タミル・ナド州住宅都市開発局	局長
4	タミル・ナド州高速道路・港湾局	局長
5	タミル・ナド州内務局	局長
6	タミル・ナド州地方自治・上水道局	局長
7	大チェンナイ警察	警察署長
8	チェンナイ市	局長
9	タミル・ナド州交通局	局長
10	チェンナイ都市圏開発局	局長
11	鉄道省	事業部長
12	鉄道省（チェンナイ部局）	部長
13	チェンナイ都市圏交通公社	部長
14	チェンナイ・メトロ公社	部長
15	(外部人材)	

(出典：T a m i l N a d u A c t 35を基にJ I C A調査団編集)

なお、チェンナイ統合都市圏交通公社では、重点分野として以下の4つのワーキンググループを設置している。各ワーキンググループは下記の組織が代表を務める。

表 2.10 ワーキンググループと代表組織

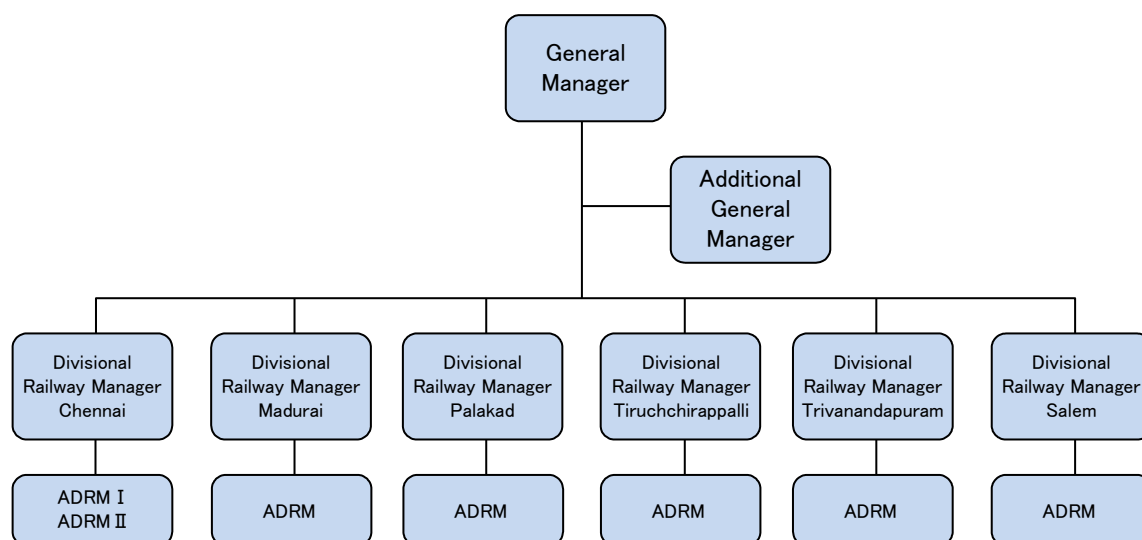
項番	ワーキンググループ	代表組織	責任者
1	公共交通機関の統合化	チェンナイ・メトロ公社	部長
2	非動力交通の推進	チェンナイ市	局長
3	人的資源の有効活用	チェンナイ都市圏開発局	局長
4	交通安全の推進	タミル・ナド州交通局	局長

(出典：インタビュー調査を基にJ I C A調査団編集)

2.2.13 インド南部鉄道 (Southern Railways)

インドの鉄道は国有でありインド政府鉄道省の管轄下にある。総延長は62,000 kmを超え、世界第5位となる。これを北部、南部、東部、西部など、16の管轄区域に分け、分割管理されている。チェンナイ都市圏における鉄道は「インド南部鉄道」の管轄下となる。インド南部鉄道はタミル・ナド州の他、ケララ州、アンドラ・プラデシュ州、ポンディチェリ連邦直轄区、及びカルナタカ州の一部を管轄する。これらの地域を、チェンナイ区域、ティルチラーパリ区域、マドゥライ区域など、6つの管轄区域に分けて管理する。本部はチェンナイにある。チェンナイには都市内鉄道と呼ばれる延長約20 kmの高架区間を走行する鉄道が存在するが、これもインド南部鉄道によって管理される。

インド南部鉄道の組織図を以下に示す。



※ADRM - Additional Divisional Railway Manager : 鉄道管区部長補佐

(出典：インド南部鉄道ウェブサイト)

図 2.8 インド南部鉄道 組織図

2.2.14 タミル・ナド都市インフラ開発財務公社 (T a m i l N a d u U r b a n F i n a n c e a n d I n f r a s t r u c t u r e D e v e l o p m e n t C o r p o r a t i o n L t d)

タミル・ナド都市インフラ開発財務公社は、1956年施行の会社法に基づき1990年3月21日に法人化された。タミル・ナド都市インフラ開発財務公社の主な目的は、地方自治体などインフラ開発の実施機関へ資金援助を行うことである。又、州政府の様々な計画を実施する際の中心的機関である。

タミル・ナド都市インフラ開発財務公社が資金援助を行っている主なものは以下となる。

- スマートシティ構想
- ジャワハルラル・ネルー全国都市再生計画
- 中小都市における都市インフラ開発事業
- 都市圏インフラ開発事業

2.2.15 タミル・ナド州データセンターとタミル・ナドエレクトロニクス公社 (Tamil Nadu State Data Centre and Electronics Corporation of Tamil Nadu)

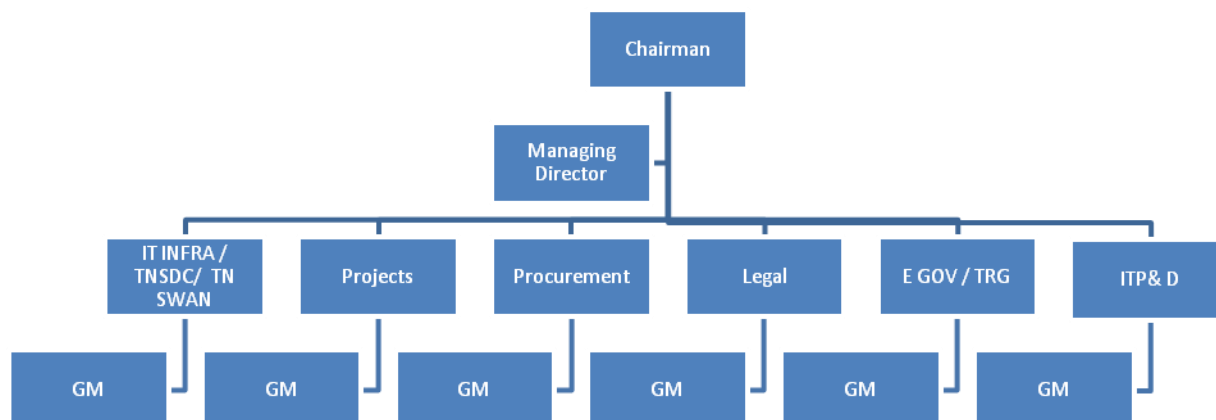
タミル・ナド州データセンターは、タミル・ナド州政府の ISO 認証データセンターであり、インド国政府の「国家電子政府構想」の下に設立された。タミル・ナド州の電子政府のため、州政府の様々な部局に対し、冷房設備を備えたサーバールーム、無停電電源装置や発電機による電源供給システム、データ通信網、サーバーの運用保守、ユーザーアプリケーションなどのサービスを提供する。

タミル・ナド州広域ネットワーク網がタミル・ナド州に構築されており、タミル・ナド州データセンターはこれをバックボーンネットワークとして使用している。バーラト・サンチャル・ニガム (BSNL) の通信網も使用されている。セキュリティ対策としては、ファイアウォールなどを利用してデータを保護し、バックアップデータセンターを二ヶ所に設置している。1つは、チェンナイの BSNL データセンター内にあり、そしてもうひとつは災害対策用としてプネにある。タミル・ナド州のティルチラーパッリに三つ目のバックアップセンターの設置が計画されている。

タミル・ナド州データセンターの基本的なサービスは、上記のような保護された環境下におけるサーバースペースの提供と各部局のサーバーの運用保守である。各部局とのサービス契約の内容によっては、タミル・ナド州データセンターがユーザーアプリケーションを準備／調達し、サーバー上にインストールし、維持管理する場合もある。アプリケーションの例として、税の徴収／管理、政府の歳入管理、土地の登記、公立病院の診療記録などが挙げられる。チェンナイメトロシステムのサーバーもタミル・ナド州データセンター内に設置されている。

タミル・ナドエレクトロニクス公社はタミル・ナド政府の下に設立された組織で、タミル・ナド州データセンターを管理し、上記のサービスを提供する実施機関である。

タミル・ナドエレクトロニクス公社及びタミル・ナド州データセンターの組織体制を以下に示す。



(出典：タミル・ナドエレクトロニクス公社ウェブサイトより J I C A 調査団編集)

※TRG : Technical Resource Group : 技術人材グループ

※ITP&D : Information Technology Promotion and Development : 情報技術開発促進担当

※GM : General Manager : 部長

※TNSDC : Tamil Nadu State Data Centre : タミルナド州データセンター

※TNSWAN : Tamil Nadu State Wide Area Network : タミルナド州広域ネットワーク網

図 2.9 タミル・ナドエレクトロニクス公社及びタミル・ナド州データセンター 組織図

2.3 道路・交通に関する現状と計画

2.3.1 チェンナイの道路・交通状況の概要

チェンナイは、“南インドの玄関口”として知られ、南インド地方における交通の重要な結節点である。4本の国道がチェンナイより、コルカタ（国道5号）、ベンガルール（国道4号）、チルチラッパリ（国道45号）、マダナパリ（国道205号）に向けて放射状に延びている。国道4号及び国道5号は黄金の四角形の一部を形成する。また、内環状道路、チェンナイバイパス道路、外環状道路がこれらの放射道路を接続する。その外側にチェンナイ周辺環状道路の建設が計画されており、オラガダムなどチェンナイ周辺の産業集積地からチェンナイ港やエンノール港への接続性が向上することが期待される。

チェンナイ・モフシル バスターミナルは、都市内バス及び都市間バスの終着点であり、南インドで最大のバスターミナルである。市内の各所に加え、タミル・ナド州、及び隣接するケレラ州、カルナタカ州、アンドラ・プラデシュ州やポンディチェリ連邦直轄区などにおける主要な街と行き来する。

チェンナイには2つの主要な鉄道の終着駅が存在する。1つはチェンナイ中央駅であり、インド各地の都市を結ぶ。これは当地域で最大の鉄道駅である。もう一つはエグモア駅であり、タミル・ナド州の各地を結ぶ。チェンナイにおける鉄道システムの特徴として、市内を走行する都市内鉄道が挙げられる。全線に渡って高架構造となっており、このため、市の中心部には踏切が存在しない。

チェンナイ・メトロの建設が現在進められており、2015年6月にフェーズ1（グリーンライン）路線の一部の区間で運行が開始された。今後はさらに、市内の主要幹線道である国道45号及び国道4号沿いにメトロ網が整備されてゆく。モノレール網の建設も計画されており、BOT方式で実施される予定である。現在、入札中であり、近々請負業者選定される予定である。

チェンナイにおける公共交通鉄道網は、チェンナイ・メトロ駅に隣接するバスターミナルや駐車場の整備など、異なる交通機関との乗り換え設備が、インドにおける他の大都市に比べれば比較的良好に考慮されている。

現在のチェンナイは道路交通が中心であるが、これらの公共交通鉄道網が整備されることにより、近い将来、道路交通需要の公共交通への転換が図られることが期待される。

2.3.2 道路網

(1) チェンナイの道路網の現状

チェンナイの主要な道路網は放射道路と環状道路で構成される。主な放射道路は国道4号、国道5号、国道45号及び国道205号である。チェンナイは、国道4号によりベンガルール、さらにムンバイ、国道5号によりコルカタ、国道45号によりチルチラッパリ、そして国道205号によりマダナパリと接続している。また、州道によりタミル・ナド州やポンデチェリ連邦直轄等の地域と結ばれている。主な州道は州道49号、州道49A号などが存在する。環状道路網は、第一次チェンナイマスター・プランに従って整備された。内環状道路、チェンナイ・バイパス道路及び外環状道路から成る。

チェンナイ都市圏における主要な道路網を下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 2. 10 チェンナイ都市圏における主要な道路網

チェンナイにおける主要な道路とそれらが接続する都市／地域を下表に整理する。

表 2. 11 主要道路と接続する都市／地域

道路種別	道路名称	接続する都市／地域	備考
国道	国道 5 号	リジャヤワダ、レッドヒルズ、タチュール、チェンナイ港	黄金の四角形の一辺を構成
	国道 205 号	アヴァディ、チルバルール、アラコナム	
	国道 4 号	ムンバイ、プネ、ベンガルール、プーナマリ、コエンベッド	黄金の四角形の一辺を構成
	国道 45 号	トリッチィ、タンバラム	
	チェンナイ・バイパス	タンバラム、アンバスール	
州道	内環状道路	アランズール、コエンベッド、パデ	
	州道 49A 号	アドヤール、マハバリプラム、	IT 回廊
	州道 49 号	ティルバンミユール、マハバリプラム、ボンディシェリー	
	外環状道路	バンドルール、ネミリチェリー、チルニンラプール、ミンジュール	フェーズ 1、フェーズ 2
	チェンナイ周辺環状道路	エンノール港、ミンジュール、タチュール、スリペランバズール、シンガペルマルコイル、マハバリプラム、	計画中

(出典：各種資料を基に JICA 調査団編集)

(2) 建設中／計画中の道路

チェンナイにおいては、下記の主要な道路が建設中または計画中である。

表 2. 12 チェンナイにおける建設中または計画中の主な道路網

道路	区間	状況
外環状道路 フェーズ 2	国道 205 号から ミンジュール	建設中
チェンナイ 周辺環状道路	国道 45 号から エンノール港	計画中

(出典：各種資料を基に JICA 調査団編集)

a) 外環状道路

外環状道路はフェーズ分けして建設中である。フェーズ1区間は供用済みで、国道45号のバンダルルールから、国道205号のネミリチェリーの間となる。フェーズ2区間は建設中で、国道205号のネミリチェリーから国道5号のミンジュールの間となる。タミル・ナド州高速道路・港湾局の下に設立されたタミル・ナド州道路公社によって実施されている。



(出典：JICA調査団)

図 2.11 建設中の外環状道路

b) チェンナイ周辺環状道路

チェンナイ周辺環状道路はチェンナイ中心部から25km～55kmの距離で半円状の外周を形成する総延長133.65kmの道路である。将来の交通需要に対応した市周辺の接続性を強化するものであり、特に南部の工場地帯からエンノール港やカタプリ港へのコンテナ輸送を大幅に向上させることが期待される。北側の始点であるエンノール港と主要な放射状道路の国道5号線、国道205号線、国道4号線、国道45号線及び、南側の終点で州道49号を結び、5つのセクションに分かれる。

- ✓ セクション1：エンノール港から国道5線沿いのタッチュール（25.5km）
- ✓ セクション2：国道5線沿いのタッチュールからチルバルール・バイパスの始点（26.25km）

- ✓ セクション3：チルバルール・バイパスの始点から国道4号線沿いのスリペブンヅルール（29.55 km）（チルバルール・バイパスは、チェンナイ周辺環状道路のセクション3の一部として計画されている）
- ✓ セクション4：国道4号線沿いのスリペブンヅルールから国道45号線沿いのシンガメルパールコイル（24.85 km）
- ✓ セクション5：国道45号線沿いのシンガメルパールコイルから州道49号沿いのマハバリプラム（27.5 km）



(出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書)

図 2.12 チェンナイ周辺環状道路の路線図

チェンナイの交通特性として特にチェンナイ周辺部における大型車両の高い混入率があげられる。チェンナイ周辺環状道路の完成によって大型車両が誘導され、以下のような事項にも大きく貢献することが期待される。

- ✓ 市内、郊外の歩行者、2輪車やオートリキシャのような交通弱者を巻き込んだ事故の削減。
- ✓ 高規格道路であるチェンナイ周辺環状道路では車両は一定の速度で走行することが可能となり、結果、窒素酸化物（NO_x）、硫黄酸化物（SO_x）等、自動車排気ガスが削減される。
- ✓ 大型車両の交通がチェンナイ周辺環状道路に転換されることにより、市内、郊外、郊外部の集落などにおける道路の舗装の劣化が削減される。

チェンナイ周辺環状道路の各セクションの計画内容を以下に示す。

セクション1

セクション1は新規路線となり、二つの路線で構成される。一つは、エンノール港と国道5号を結ぶ21.1kmの本線であり、もう一つは本線から分離してミンジュール地区の近傍に接続する4.4kmの接続路である。この接続路は、ミンジュールのバイパスに接続される計画である。セクション1は4車線の本線と、本線の両側に2車線ずつの側道が計画されている。本線は6車線分の道路幅が確保されているが、当初は4車線で供用し、将来の交通量の増加に応じて6車線へ拡幅する計画である。タミル・ナド州政府は、セクション1をチェンナイ周辺環状道路の一期部分として整備することを検討している。現時点では有料化の詳細な計画はなされていないが、セクション1は有料区間となるであろうことが見込まれている。

セクション2

セクション2は、国道5号からチルバルール・バイパスの始点までの26.3kmの新規路線である。このセクションは6車線の本線と、本線両側に2車線ずつの側道が計画されている。チルバルール・バイパスは州道57号のバイパスであり、これによりチルバルールを通過する大型車の大幅な削減が見込まれる。

セクション3

延長29.6kmのセクション3は、チルバルール・バイパス（チルバルール・バイパスはセクション3の一部として計画されている）の始点から国道4号までであり、新規部分と9.6kmの州道57号の拡幅部分からなる。このセクションは6車線の本線と、本線両側に2車線ずつの側道が計画されている。

セクション4

セクション4の全延長が州道57号の拡幅であり、約80%の拡幅工事が完了している。このセクションは、国道4号から国道45号までであり、6車線の本線と、本線両側に2車線ずつの側道が計画されており、オラガダム、マヒンドラ工業団地等の工業団地群を通過する。このため、このセクションからエンノール港への接続が整備されれば、物流の強化等を通じて地域経済に大きく貢献することが期待できる。

セクション5

国道45号と州道49号までの区間であり、延長27.5kmの新規区間と州道49A号線の拡幅区間（2km）からなる。6車線の本線と、本線の両側に2車線ずつの側道が計画されている。以下に、セクションごとのチェンナイ周辺環状道路の概要を示す。

表 2. 13 セクションごとのチェンナイ周辺環状道路の概要

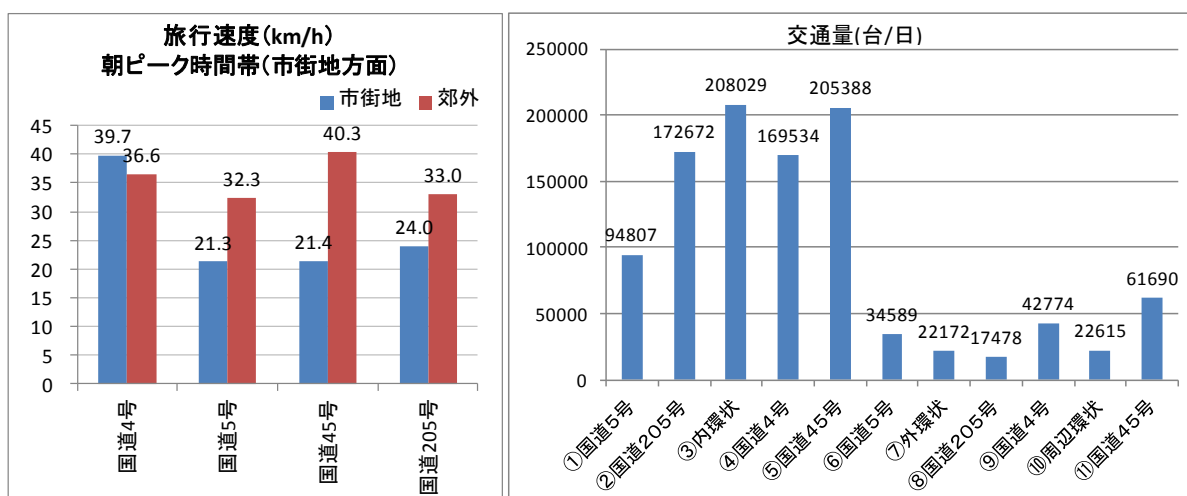
Sl. No.	Description	Section - 1	Section - 2	Section - 3	Section - 4	Section - 5
1	Right of way (RoW)	100m	60m	60m	40-60m	60m
2	Number of lanes in Main Carriageway	2 X 2-lane with paved shoulder	2 X 3-lane with paved shoulder	2 X 3-lane with paved shoulder	2 X 3-lane with paved shoulder	2 X 2-lane with paved shoulder
3	Central Median	4.00m	4.00m	4.00m	1.0m	4.00m
4	Service Road	2 X 2-lane	2 X 2-lane	2 X 2-lane	2 X 2-lane	2 X 2-lane
5	Footpath/Drain/Utility Corridor	2 X 2m & 2 X 3m	2 X 3m	2 X 3m	2 X 2.5m	2 X 3m
6	Width of Main Carriageway in Structures	2 X 12.5m	2 X 12.5m	2 X 12.5m	2 X 12.5m	2 X 12.5m

(出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書)

(3) チェンナイの道路交通の課題

a) チェンナイ中心部における交通の集中

下図は、交通量調査の結果である。図に示されるとおり、チェンナイの中心市街地における国道45号や内環状道路では20万台/日を超える交通量が通行している。一方、郊外は7万台/日に満たない交通量となっており、チェンナイの中心市街地に交通が集中している。このため、朝の通勤時間帯の市内に向かう交通の旅行速度は市街地部（内環状の内側）で30 km/hを下回る結果となった。



(出典：JICA調査団)

図 2. 13 交通量調査結果

今回実施した交通量調査箇所を下図に示す。



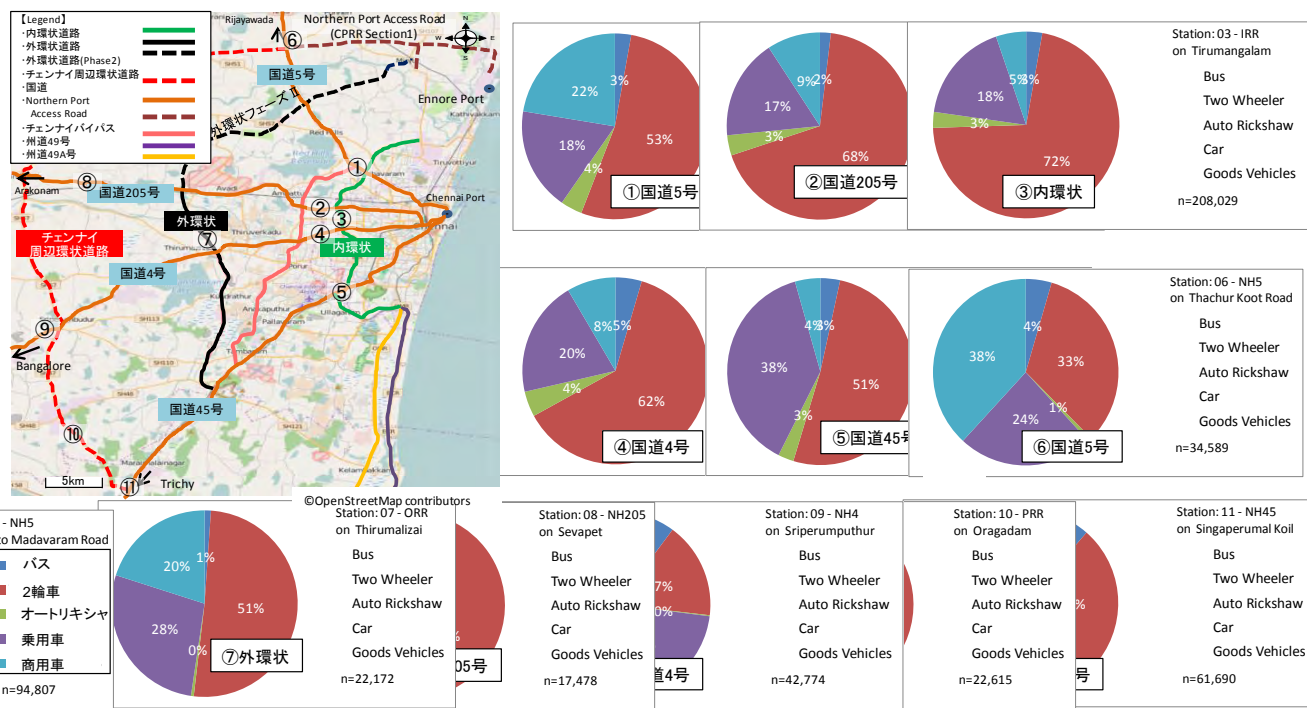
(出典：JICA調査団)

図 2. 14 交通量調査箇所

b) 二輪車の高い比率

下図に示すとおり、チェンナイの中心部は二輪車が非常に多く、特に、内環状道路、国道 205 号では 70% 程度となっている。さらに、二輪車の多くはヘルメットを着用していなかったり、複数人で乗車していたりと、安全面で多くの懸念がある。

円グラフは、下記の地図に示される各調査箇所地点における車種別の比率を表す。赤色が二輪車を表す。また、内環状道路の交通状況を下の写真に示す。



(出典：JICA調査団)

図 2.15 調査箇所地点における車種別の比率



(出典：JICA調査団)

図 2.16 内環状道路の交通状況

c) 大型車両の高い比率

前頁のグラフから、国道5号、国道4号、国道45号及びチェンナイ周辺環状道路（建設予定路線）において、大型車両が占める割合が高いことがわかる。これらの道路はエンノール港・チェンナイ港と産業集積地を結び、コンテナ車など、商用車両に多く利用されていることを示している。大型車両の速度は一般的に遅いため、大型車両の高い比率は旅行速度の低下の原因になる。

また、郊外の村や町を多くの大型車両が頻繁に通行している。下記写真（上側）に示すように、多くの歩行者や二輪車が事故に巻き込まれる危険にさらされている。

チェンナイ港では、毎日3000～4000台のコンテナ車両が出入りしている。しかし、入り口は、港の北側に一個所存在するのみである。従って、下記写真（下側）に示すように、港へのアクセス道路で大型車両による恒常的な渋滞が発生している。JICA調査団が行ったインタビュー調査によれば、これらの大型車両の平均の待ち時間は30～40時間である。



(出典：JICA調査団)

図 2.17 道を遮るコンテナ車両



(出典：JICA調査団)

図 2.18 チェンナイ港へのアクセス道路における渋滞

d) 十分に活用されていない外環状道路

外環状道路の交通量は、同じく市の環状道路である内環状道路の約10分の1程度である。これは、外環状道路が有効に活用されていないことを示している。原因として、外環状道路はまだ部分的な供用であることが挙げられるが、これ以外にも、下記のような主要な放射状道路との接続の問題も主な原因と考えられる。

- 国道4号との接続:

国道4号から外環状道路を北上する場合、外環状道路を一旦通り越した後Uターンし、外環状道路の側道であるサービス道路へ入り、そこからさらに5分ほど走行しなければ外環状道路の本線に乗ることができない。このため、国道4号からの接続が非常に不便である。

- 国道45号との接続:

外環状道路及び国道45号との接続部の工事が中断しており、直接的に接続されていない。このため、接続箇所近郊の村を通過する道路へ迂回せざるを得ない状況である。

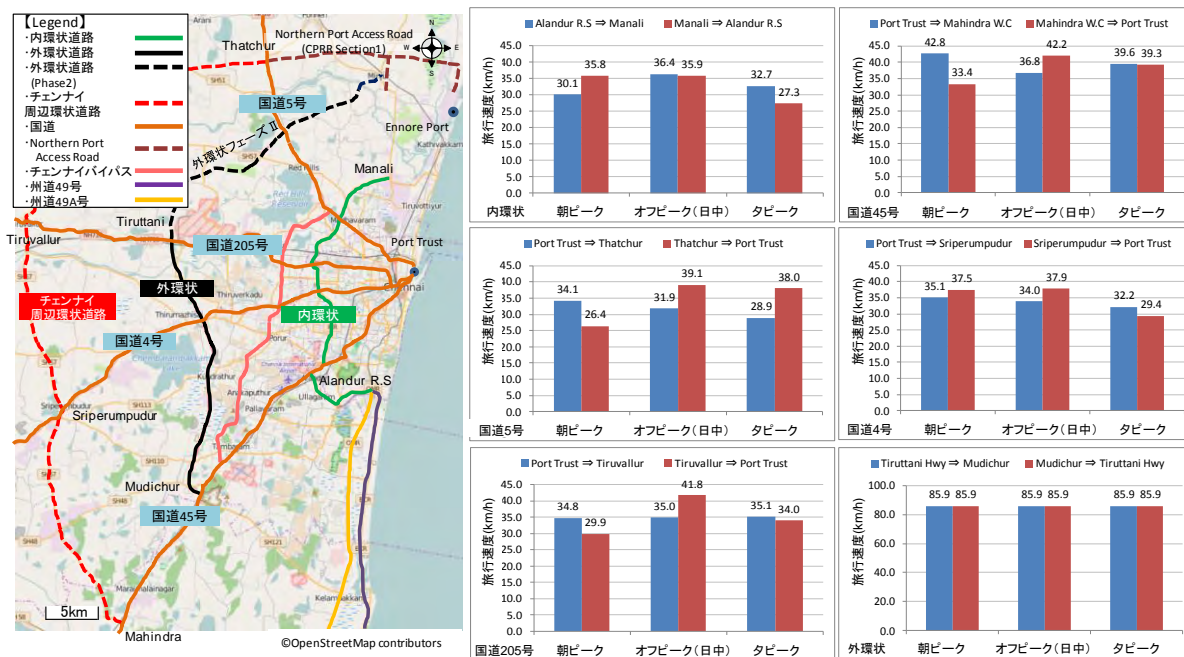


(出典：JICA調査団)

図 2.19 外環状道路と放射道路との接続性の問題

e) 旅行速度の低下

交通量調査によると、朝ピーク時間帯は8時～11時であり、夕ピーク時間帯は17時～21時である。朝ピーク時は郊外からチェンナイ港方向の旅行速度が低く、夕ピーク時はチェンナイ港から郊外に向かう旅行速度が低くなる傾向がある。国道5号の朝ピーク時の旅行速度が、下図に示すとおり、主要道路の中で26.4 km/hと最も低い。



(出典：JICA調査団)

図 2. 20 旅行速度 調査結果

f) 歩行者の横断

市内における横断歩道は限られた場所にしか存在しない。また、6車線以上の交通量が多い道路であっても横断歩道は存在するものの、歩行者用信号が設置されていないケースも多い。歩行者は、車が途切れた瞬間に横断することを強いられている状況である。このような危険な状況が市内で多く見られる。下に示す写真では、横断歩道上に車線を分離するためのバリケードが設けられていることが確認できる。これによって歩行者の横断が著しく妨げられている。



(出典：JICA調査団)

図 2. 21 横断歩道と横断を防げるバリケード

g) 主要道路における交差点

いくつかの交差点では、主要幹線道路へ直進できない場合がある。下図の例では、幹線道に対して左折しかできず、直進するためには1.8 kmほど、大きく迂回しなければならない。このような状況は、非効率的な交通流の原因となり、市内の渋滞状況をさらに悪化させる。



(出典：JICA調査団)

図 2.22 直進出来ない交差点

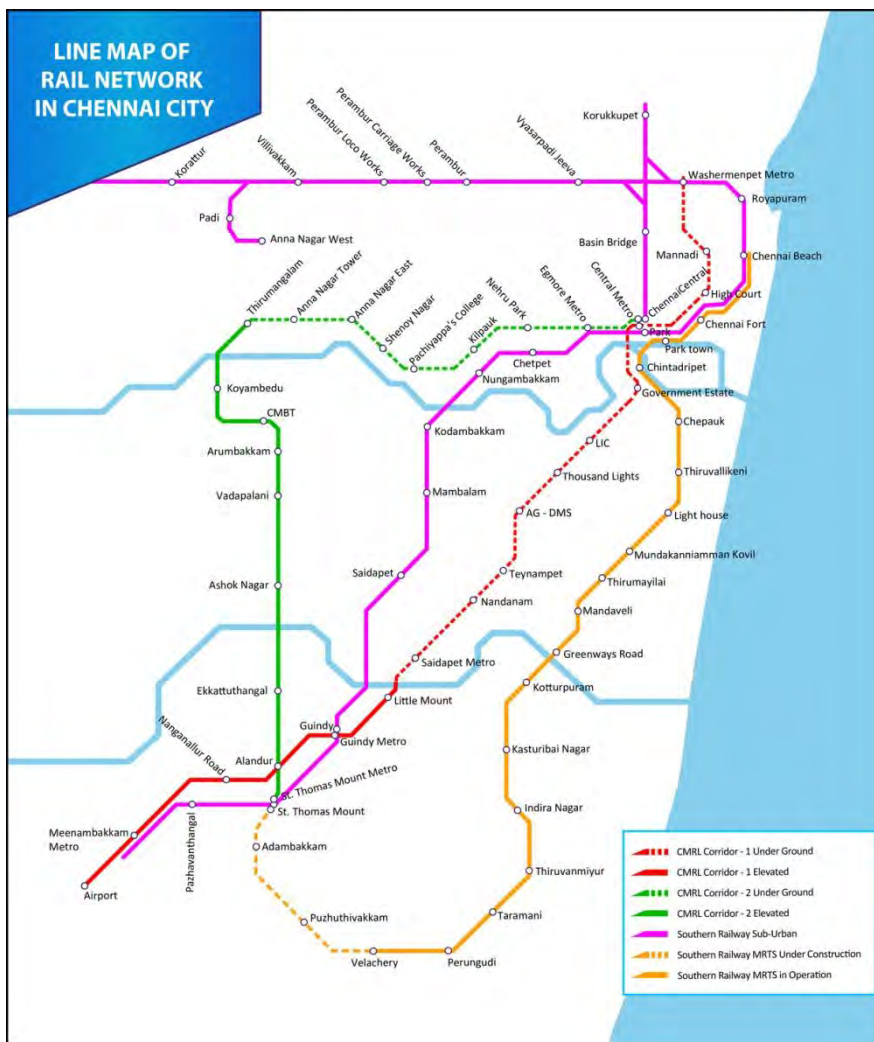
2.3.3 鉄道ネットワーク

(1) 鉄道ネットワークの概要

インドの他都市に比べれば、チェンナイにおける鉄道ネットワークは比較的充実している。チェンナイには、郊外へ延びる4本の鉄道網が存在する。これらは北線、西線、南線及び都市内鉄道である。チェンナイ・メトロは、フェーズ毎に建設中であり、フェーズ1の一部の区間で

運用が開始されている。また、市内におけるその他の公共交通機関を補完する交通機関としてモノレールが計画されている。

チェンナイにおける鉄道ネットワークを下図に示す。



(出典：チェンナイ・メトロ公社ウェブサイト)

図 2. 23 チェンナイの鉄道網地図

(2) 郊外鉄道

チェンナイの郊外鉄道は、インド鉄道省の一部門である南部鉄道により管理されている。

以下の路線から構成されている。

- チェンナイ・ビーチ-タンバラム・ライン、南部-西部を結ぶ
- チェンナイ・セントラル-チルバルール・ライン、東部-西部を結ぶ
- チェンナイ・セントラル-ミディプーンディ・ライン、北部-南部を結ぶ
- 都市内鉄道(20 km)チェンナイ・ビーチ-バラチェリー間約20 kmを結ぶ

上記の都市内鉄道は全線高架構造で整備されており、この路線では踏切が存在しない。

郊外鉄道ネットワークを以下に示す。



(出典：チェンナイ・メトロ公社ウェブサイト)

図 2.24 チェンナイ郊外鉄道ネットワーク

(3) チェンナイメトロ

チェンナイ・メトロが現在、整備中である。フェーズ1及びフェーズ2毎に整備される計画であり、現在フェーズ1区間が整備されている。また、このうちの一部区間で運行が開始されている。フェーズ1の事業費は約1400億ルピーと見積もられている。このうちの約40%がインド中央政府とタミル・ナド政府により拠出され、残りは円借款で賄われる。

a) チェンナイ・メトロ (フェーズ 1)

フェーズ1は2本の路線で構成され、総延長は45.1kmになる。このうち、約55%の区間が地下構造であり、残りの区間が高架構造となる。セクション1の高架部分の運行は2015年6月より開始され、現在20.4kmの高架区間が営業している。一日の乗客数は、2016年で75.6万人、2026年で106.4万人と見積もられている。

下表に、チェンナイ・メトロ フェーズ1の概要を示す。

表 2.14 チェンナイ・メトロ フェーズ1の概要

項目	回廊 1 ワシヤマンペット～ 空港	回廊 2 セントラル～セント・ トーマス・マウント	合計
地下トンネル部延長 (km)	14.300	9.695	23.995
高架部延長 (km)	8.785	12.266	21.051
総延長 (km)	23.085	21.961	45.046
地下部駅数	11	9	20
高架部駅数	6	8	14
総駅数	17	17	34

(出典：チェンナイ・メトロ公社ウェブサイト)

チェンナイ・メトロ（フェーズ1）の路線図を下記に示す。



(出典：チェンナイ・メトロ公社ウェブサイト)

図 2. 25 チェンナイ・メトロ（フェーズ1）の路線図

b) チェンナイ・メトロ (フェーズ 2)

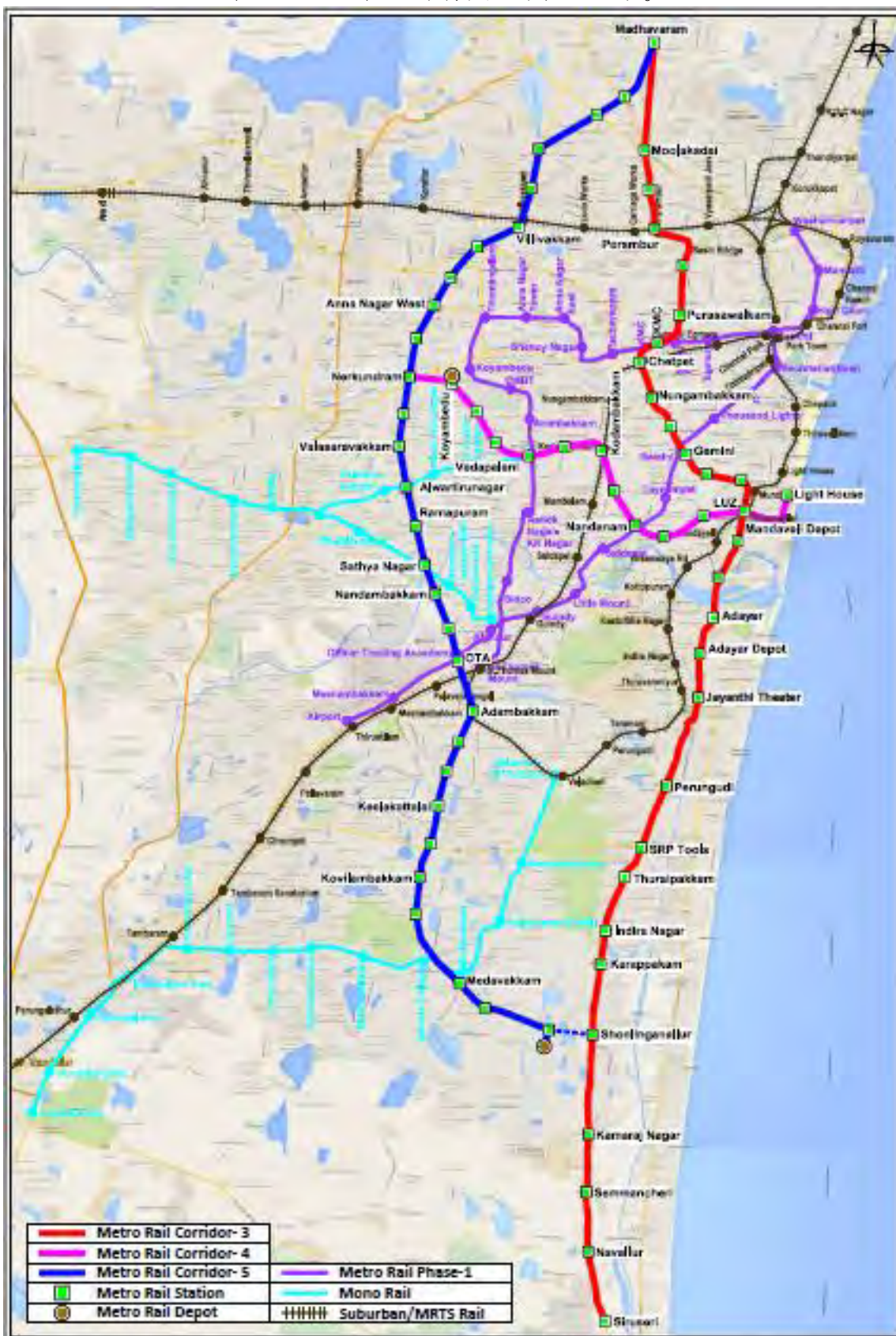
チェンナイ・メトロのフェーズ2では、3本の路線が計画されており、総延長は88kmになる。概要を以下に示す。

表 2.15 チェンナイ・メトロ フェーズ2の概要

名称	起終点	距離 (km)
路線 3	マドハバラム～シルセリ	40.2
路線 4	ネクンヅラム～ライト・ハウス	14.0
路線 5	マドハバラム～ケランバッカム	34.7

(出典：チェンナイ・メトロ公社提供の情報を基に JICA 調査団編集)

チェンナイ・メトロ（フェーズ2）の路線図を下記に示す。



(出典：チェンナイ・メトロ公社提供)

図 2. 26 チェンナイ・メトロ（フェーズ2）の路線図

c) チェンナイ・メトロ駅における駐車場の課題

現在供用されている区間には駅が13か所存在し、このうち11の駅で駐車場が併設されている。駐車料金も手ごろな価格である。しかしながら、これらの駐車場は、平日の昼間はほぼ満車状態である。将来、メトロの利用者が増加すれば、現在の駐車場の収容可能台数では需要を補えなくなる可能性がある。また、現在のところ駐車場の利用状況に係る情報はどこにも提供されていない。駐車場や駐車スペースの増設、これに合わせた満空情報の提供等が必要と考えられる。



(出典：JICA調査団)

図 2. 27 チェンナイ・メトロ駅に併設された駐車場（上：乗用車用，下：2輪車用）

(4) チェンナイ・モノレール

チェンナイでは、メトロ・ネットワークなどを補完する交通機関として、狭小な道路でも建設が可能なモノレールの整備が計画されている。フェーズ1、フェーズ2に分けて整備される計

画であり、フェーズ1での計画路線はプーナ・マリーを始点とし、ポール・レークからバダパラニ方面とカチパラ方面の二方向に分かれる。総延長は20.68 km、事業費は323.5億ルピーと見積もられている。設計/建設/資金調達/運営/移管方式 (Design/Build/Finance/Operate/Transfer: DBFOT方式) により実施される。現在入札中であり、請負業者が近々選定される模様である。

フェーズ2での計画は、バランチェリーからバンダールの総延長23 kmとなる。事業費は約400億ルピーと見積もられている。

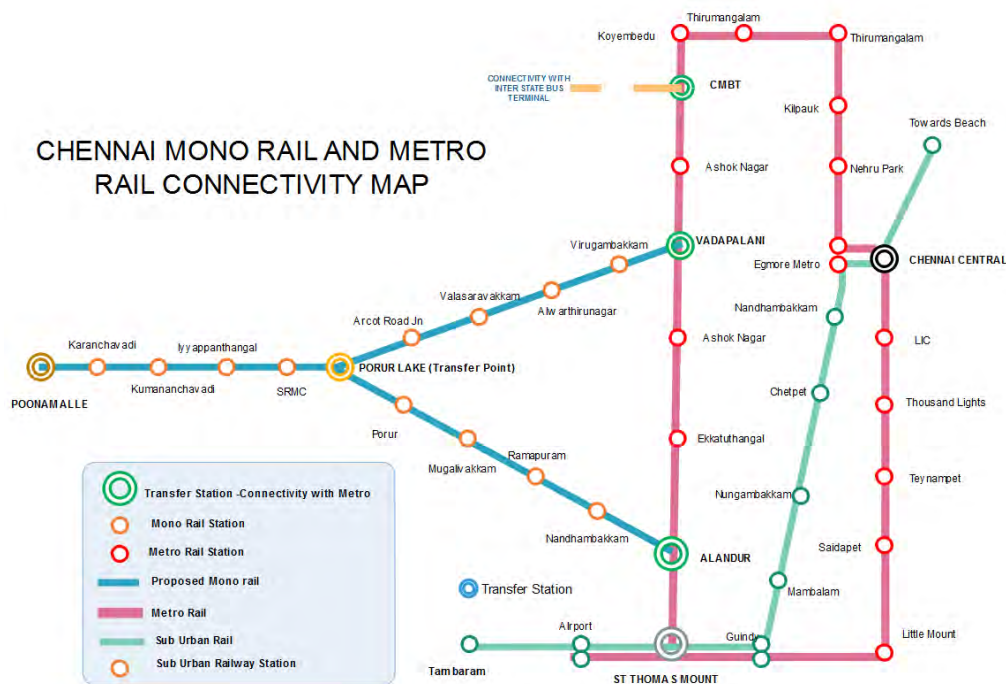
フェーズ1の計画路線を下図に示す。



(出典：モノレールプロジェクトホームページ)

図 2. 28 チェンナイ・モノレールの計画路線 (フェーズ1)

下図にチェンナイ・メトロ、チェンナイ・モノレール及び郊外鉄道との接続を整理した。



(出典：インタビュー調査結果を踏まえて J I C A 調査団編集)

図 2. 29 チェンナイ・モノレール、チェンナイ・メトロ及び近郊鉄道の接続

2.3.4 バス・ネットワーク

(1) チェンナイにおけるバス・ネットワークの状況

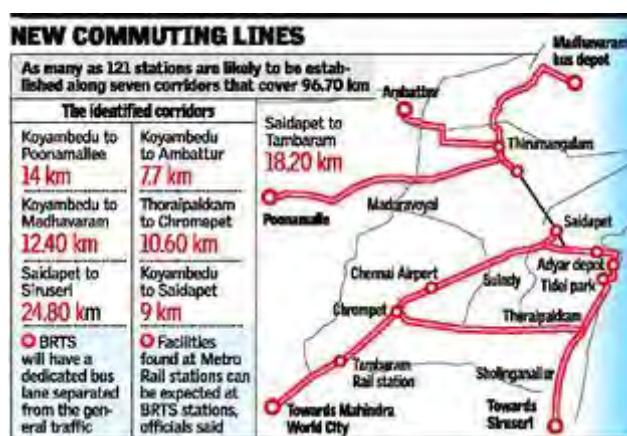
チェンナイでのバス輸送は、チェンナイ都市圏交通公社及びタミル・ナド州高速道路公社が担っている。チェンナイ都市圏交通公社は公共の市バス事業者であり、800以上の路線を運行し、チェンナイ中心部から約50kmまでの距離をカバーする。従い、チェンナイ都市圏におけるほぼすべての主要な幹線道路を走行している。タミル・ナド州高速道路公社は公共の長距離バス事業者である。

バスとメトロや郊外鉄道など鉄道交通との接続に関してはよく考慮されている。メトロ駅と市バスの接続箇所は複数計画されており、また、既に供用中のチェンナイ・メトロのCMBT駅には市バス及び長距離バスの大型バスターミナルが併設されている。

(2) 高速バス輸送システム

高速バス輸送システムが7路線、検討されている。7路線の総延長は96.7kmとなり、121か所の駅が検討されている。概要を以下に示す。

- コヤンベッド～プーナマリー(14.0km)
- コヤンベッド～アンバツール(7.7km)
- コヤンベッド～マドハバラム(12.4km)
- サイダペット～シルセリ(24.8km)
- サイダペット～タンバラム(18.2km)
- ソライパッカム～クロメペット(10.6km)
- コヤンベッド～サイダペット(9.0km)



(出典：The Hindu, Newspaper)

図 2.30 検討中の高速バス輸送システム路線

(3) チェンナイにおけるバス・ネットワークの課題

多くのバスが市内を走行しているが、チェンナイではバスの到着時間など、利用者に対する情報が提供されていない。しかし、インドの他の都市と比べてメトロなどの乗り換え設備が比較的よく計画されており、今後は、異なる公共交通機関に係る運行情報の提供なども重要になってくる。

CMB T 駅における情報提供

チェンナイ・メトロのCMB T 駅には大型バスターミナルが隣接している。下記の写真で示されるように、メトロの駅からバスターミナルへの案内標識や、バスターミナルへの通路には屋根が整備されている。このため、バスターミナルへのアクセスの環境は良好である。しかし一方で、バスの運行情報は提供されていない。事故や渋滞によってバスの遅延が発生した場合など、利用者に対する有用な情報の提供が望まれる。



(出典：JICA調査団)

図 2. 31 メトロ駅からバスターミナルへの案内標識と通路



(出典：JICA調査団)

図 2. 32 バスターミナル

2.3.5 その他の交通機関

前段で述べてきた公共交通が駅やバス停までの交通手段であるのに対して、出発地から最終目的地までの移動、或いは駅やバス停から最終目的地まで移動するための交通機関が存在する。

出発地から最終目的地まで直接移動する手段として、タクシーやオートリキシャが存在し、決められたルートを行くものとして、乗り合いオートリキシャやミニバスが存在する。

ドア・ツ・ドアのサービスは、オート・リキシャやタクシーで提供される。



(出典：JICA調査団)

図 2. 33 出発地から最終目的地までの移動手段（オートリキシャ、タクシー）



(出典：JICA調査団)

図 2. 34 決まったルートを走行する移動手段（乗り合いオートリキシャ、ミニバス）

2.4 ITSの現況と計画

2.4.1 チェンナイにおけるITSの概要

市内の交通の状況はCCTVによって監視されているが、個所は限定的である。市内には信号が設置されてはいるが、稼働していない信号が多く存在する。バスの運行管理システム等はバンガロール、アーメダバード、ムンバイといった主要な都市で導入されているが、チェンナイにおいては導入に向けて準備が進められている状況である。一方、異なる公共交通機関で利用可能な共通ICカードについては、ムンバイやバンガロールなどと同様にチェンナイにおいても導入が検討されている。スマートカードはチェンナイ・メトロでのみ導入されている。定量的な交通データは、動的な交通情報の提供や、交通インフラ・都市交通施策の検討・計画のために重要である。チェンナイでは、定量的な交通データを収集し、また有効に活用するための仕組みは存在しない。この点についてはインドにおける他都市も同じような状況である。

他方、前段で述べたように、チェンナイの公共交通網の接続は他都市に比べれば比較的良好に計画されている。いくつかのメトロの駅には駐車場や大型バスターミナルが併設されており、郊外鉄道とメトロの乗り換え設備なども計画されている。このようなインフラ環境の下、公共交通の総合的な運行情報の提供や、共通カードの導入など、ITS技術を有効に活用できれば利用者の利便性が増し、交通需要の公共交通機関への転換がより効果的に図られる可能性を秘めていると言える。

2.4.2 チェンナイ交通警察のITS設備

(1) 交通管制室

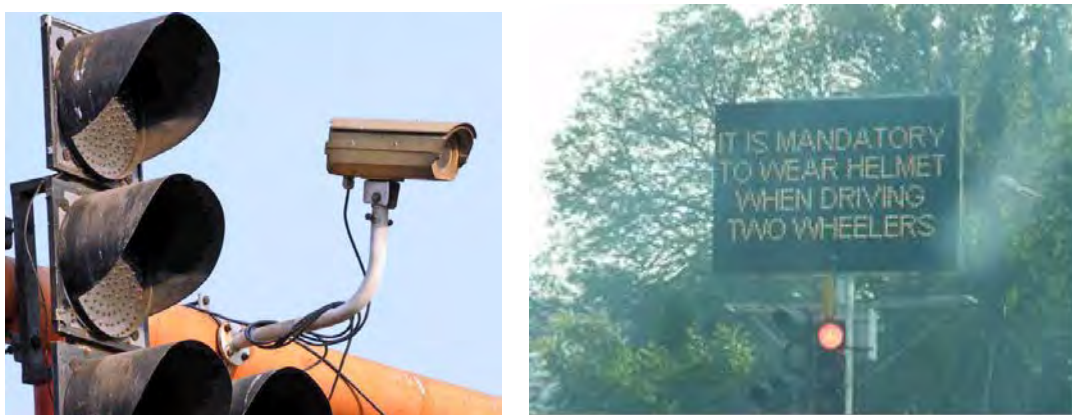
チェンナイ交通警察の交通管制室は市内を2つのグループに分け、交通を監視している。それぞれ、東部・南部地域、北部・西部地域を担当する。

(2) 可変表示板

市内の主な交差点 31 個所に可変表示板が設置されている。動的な交通情報は提供されておらず、2 輪車に対するヘルメット着用などの注意喚起メッセージが表示されている。

(3) 交通信号と CCTV カメラ

チェンナイには 383 か所の信号交差点が存在する。しかし、これらの信号の多くは故障しているか、或いは動作しておらず、現場の警察官が手信号により交通誘導しているケースが多い。また、交通量に応じて動的に周期を調整するタイプのものではなく、センターとも接続されていない。いくつかの交差点は、CCTV により監視されている。



(出典：JICA 調査団)

図 2.35 信号と CCTV (左)、可変表示板 (右)

(4) 取締りのための設備： E-チャラン・システム (E-Challan System)

交通違反車両を取り締まるための「E-チャラン・システム」と呼ばれるシステムが一部導入されている。現場の警察官がハンディタイプの装置を保持しており、この装置にはデータの入力機能、カメラ機能、バーコード読み込み機能、通信機能といった機能が実装されている。違反車両の情報を現場で入力し、携帯電話網を通じて中央サーバへデータが送信され、情報が管理される。また、違反切符発券端末とブルートゥース通信し、違反者に対してその場で切符が発券される。



(出典：チェンナイ交通警察ウェブサイト)

図 2. 36 ハンディー端末と発券機

(5) 既存の交通管理システムの拡張計画（統合交通管理システムプロジェクト）

チェンナイ交通警察では、現行のシステムの拡張が計画されていた。「統合交通管理システムプロジェクト」と呼ばれ、CCTVカメラの増設（約100個所）、交通管制室の機能の拡張、信号連携システムの導入、ナンバープレート認識システムの導入、要人や緊急車両などに対する優先信号の設置などが含まれる。事業費は約15億ルピーと見積もられ、5年間のBOT方式（Build Transfer Operate方式）として計画された。パープル・インフォテック社が落札したが、その後発注者である交通警察と受注者との間のトラブルにより、2014年4月よりプロジェクトが中断している。

2.4.3 市バスのITS

インドにおけるバスの典型的なシステムとしては、以下のようなシステムが挙げられる。近年、インドの都市部において順次導入されつつあるが、チェンナイではこのようなシステムはまだ導入されていない。現在、スマートシティ公社を中心とした分科会※によって発注に向けた議論が進められている。（※分科会：「2.5.4 スマートシティ構想」を参照）

- バス運行管理システム
バスに設置されたGPS装置から得られる位置情報により車両の走行を監視し、セン

ターでバスの運行を管理する。

- 情報提供システム

バスの到着時間や出発時間、運行情報などをバスターミナルやバス停に設置された情報板、又はインターネットなどから提供する。

- 電子式運賃支払いシステム

スマート・カードや磁気式カードなどによる運賃の支払いシステム。現金払いにとって代わるものである。

2.4.4 チェンナイ・メトロのITS

チェンナイ・メトロの料金体系は対距離制であり、トークンと非接触式スマート・カードによる支払いシステムが導入されている。

(1) トークン

カウンター又は自動販売機でトークンを購入し、入口改札に設置されているパッドにタッチして入場する。乗車後は、出口改札に設置されているスロットにトークンを投入して使用する。

トークン一枚は一回分の乗車分となる。（利用は一回限りとなる）



(出典：チェンナイ・メトロウェブサイト)

図 2.37 トークン

(2) 非接触式スマート・カード

非接触式スマート・カードはチェンナイメトロのみで利用が可能であり、メトロを1日に複数回利用する場合や頻繁に利用する場合に用いられる。乗客は入口改札と出口改札に設置されているカード・リーダーにタッチして使用する。カードの最低料金は運賃の50ルピーを含む100ルピーであり、駅の自動券売機で100～3000ルピーをチャージできる。カードタイプはMifareのタイプAである。

チェンナイ・メトロはシステムの調達先として日本信号（株）と契約した。この契約にはシステムの開発、32の駅での自動改札機の納入、券売機の設置及びタイプA、フェリカ（予備）のスマートカードの供給が含まれる。本システムのカードリーダー／ライターはスマートカードのタイプA、B及びフェリカのすべてに対応することが可能である。これはタイプAのカードにセキュリティ面での問題が発生した場合などでも他のタイプに切り替えられるようにするための策である。



(出典：チェンナイメトロウェブサイト)

図 2. 38 チェンナイ・メトロの非接触スマート・カード

下表にチェンナイ・メトロのスマートカードの概要を記載する。

表 2. 16 チェンナイ・メトロのスマートカードの概要

項目	内容
利用可能な支払方法	片道利用（トークン） 定期（スマートカード） プリペイド（スマートカード）
スマートカードタイプ	I S O 1 4 4 4 3タイプA（フェリカ：予備） 記憶容量4KB
カードリーダー／ライター	タイプA，タイプB及びフェリカに対応
調達先	日本信号（株）
カード発行者	チェンナイ・メトロ公社
電子マネー管理者	チェンナイ・メトロ公社

（出典：ヒアリング内容を基に J I C A 調査団が編集）

2.4.5 チェンナイの交通系共通カード

異なった交通手段に対して利用可能な交通系共通カードはまだチェンナイには導入されていないが、カード導入の検討が最近始められた。‘I n t e g r a t i o n o f P u b l i c T r a n s p o r t’ と呼ばれる運営委員会がチェンナイ統合都市圏交通委員会の下に設立されている。

チェンナイ・メトロの総裁が本運営委員会の総裁を務めている。この委員会のその他のメンバーは以下となる。

- ✓ チェンナイ都市圏交通公社 総裁
- ✓ 南インド鉄道 副地方局長
- ✓ 都市内鉄道 主席事務官
- ✓ タミル・ナド州交通局 局長
- ✓ チェンナイ市 局長
- ✓ タミル・ナド州高速道路・港湾局 技師長
- ✓ チェンナイ都市圏開発局 理事

✓ チェンナイ・シティー・コネクト (NGO)

チェンナイ・メトロはチェンナイで唯一、スマートカードを導入している事業者である。このため、異なる事業者間での決済処理はまだ必要とされていないが、市バスや都市内鉄道などにも将来的にスマートカードが導入されることを見越してチェンナイ・メトロに異なる事業者間での決済処理のためのクリアリングハウスシステムがすでに構築されている。

2.4.6 有料道路における I T S 設備

(1) 有料道路の状況

チェンナイの有料道路は、インド国道庁が管轄する国道 5 号、205 号、4 号、45 号、チェンナイ・バイパスがある（チェンナイ市との境界線までのセクションは、タミルナド州高速道路・港湾局の管轄下である）。また、外環状道路、州道 49 号、州道 49A 号はタミル・ナド州道路公社及びタミル・ナド州高速道路・港湾局が管轄する。

以下に概要を整理する。

表 2. 17 有料道路の状況

道路種別		管轄組織	実施方式	請負業者
国道	国道 5 号	インド国道庁	BOT (通行料方式※ 1)	L & T 社
	国道 4 号	インド国道庁	BOT (通行料方式)	E s s e l 社
	国道 4 5 号	インド国道庁	BOT (年額方式※ 2)	E a g l e 社
	国道 2 0 5 号	インド国道庁	BOT (通行料方式)	T r a n s s t o r y T i r u p a t i 社
	チェンナイ・ バイパス	インド国道庁	直轄	
州道	外環状道路	タミル・ナド州道路公社 (※ 3)	BOT (年額方式)	GMR 社
	州道 4 9 号	タミル・ナド州道路公社	直轄	
	州道 4 9 A 号	タミル・ナド州道路公社	直轄	
	内環状道路	タミル・ナド州 高速道路・港湾局	直轄	

※ 1 : BOT (B u i l d 、 O p e r a t e 、 T r a n s f e r) 方式にて、請負業者は通行料を徴収し投資金を回収し、また利益を得るタイプのものである。

※ 2 : 徴収した通行料は政府に納め、請負業者は政府より年額を払い受けるタイプのものである。

※ 3 : タミル・ナド州高速道路・港湾局配下に設立された道路公社。

(出典 : 関係機関ヒアリング内容を基に J I C A 調査団編集)

以下に概要を地図上で示す。



(出典：関係機関ヒアリング内容を基に J I C A 調査団編集)

図 2. 39 有料道路の概要

(2) ITS設備

インド国道庁が管理する国道及び チェンナイ・バイパス道路には、FASTagと呼ばれるRFIDによるETCシステムが導入されている。この他、ICカードによる徴収（タッチアンドゴー(T&G)）及び、現金による徴収設備がある。

タミル・ナド州道路公社が管理する州道49A号及び州道49号では共に、ICカードによる徴収（タッチアンドゴー(T&G)）と現金徴収設備があり、RFID方式のようなETCシステムは導入されていない。外環状道路は現在無料であるが将来有料化が検討されている。

タミル・ナド州高速道路・港湾局の管理する内環状道路は現在無料であり、ITS施設は現在導入されていない。将来の有料化が検討されている。いくつかの道路でタッチアンドゴー(T&G)・システムは導入されているが、現時点で相互運用カードシステムは存在しない。

インド国道庁の標準契約書には、交通管制センター、CCTV、交通量計測装置、可変表示板と気象観測装置から構成される交通管制システムの設置が明記されている。しかしながら、外環状道路の一部を除き、ほとんどの道路にはこうした設備は設置されていない。

以下に有料道路におけるITSの概要を示す。

表 2. 18 I T S設備の概要

道路種別		道路延長	交通管理設備	料金收受施設
国道	国道 5 号	—	—	現金、I Cカード
	国道 4 号	—	—	現金
	国道 4 5 号	—	—	現金、F A S T a g
	国道 2 0 5 号	—	—	現金
	チェンナイ・バイパス道路	3 2 k m	—	北側：現金、 F A S T a g 南側：現金、
州道	外環状道路 (フェーズ 1 区間) (フェーズ 2 区間) 工事中	フェーズ 1 区間： 2 9 . 7 k m フェーズ 2 区間： 3 3 . 1 k m	情報板、 非常電話、 気象観測	—
	州道 4 9 号	1 1 4 k m	—	現金、I Cカード
	州道 4 9 A 号	2 0 . 1 k m	—	現金、I Cカード
	内環状道路	2 5 . 2 k m	—	—

(出典：ヒアリング内容を基に J I C A 調査団が編集)

主な設備を以下に写真で示す

a) チェンナイ・バイパス道路



(出典：J I C A 調査団)

図 2. 40 料金所 (スラパチュ)

b) 外環状道路



(出典：JICA調査団)

図 2. 41 情報板 (左)、非常電話 (中央)、気象観測装置 (右)

c) 州道49A号



(出典：JICA調査団)

図 2. 42 料金所 ペルギディ (左)、料金所 シルセリ (右)

d) 州道49号



(出典：JICA調査団)

図 2. 43 料金所 ウッタディ (左)、州道49号 (右)

2.4.7 インドのFASTag 自動料金収受システム

FASTag とはインド中央政府 道路交通省、及びその配下のインド国道庁が運営するRFID方式による自動料金収受システム（ETC）である。



(出典: IHMCL ウェブサイト)

2011年9月にインドの国道におけるETCはRFID方式とすることが決定され、統一規格となった。これを受け、現在全国的にRFID方式によるETC設備が整備されつつある。以下に、インドにおけるFASTagについて概要を述べる。

(1) 統一規格となった経緯

以下の経緯を経て、統一規格が決定された。

表 2.19 統一規格となった経緯

年月	内容
2010.4.20	道路交通省において「Constitution of Committee on ETC Technology for Use on National Highway」委員会が構成された。また、委員長の配下に技術委員会が構成される。
2010.6.28	検討の結果、技術委員会より利用者の利便性、受け入れやすさ等により、RFID方式が推奨された。
2011.3.8	技術委員会からETC運用のための運用方法の提案がなされる。
2011.6.14	主要なステークホルダーを集め、技術基準の確定のためのワークショップを開催。
2011.9	Report by Apex Committee for ETC Implementation が承認される。
2012.12	事業の実施体としてインド 高速道路管理会社 (Indian Highways Management Company Limited) が設立される。(22の請負業者が50%の株式を保有し、インド国道庁が25%、残りを5つの銀行が保有)

(出典: JICA調査団)

規格の検討に当たり、インド国道庁、ETC機器供給業者、利用者グループなど、様々なステークホルダーからの意見が徴収された。また、各種のETC方式の比較検討が行われた。比較検討の対象は、DSRC（アクティブ/パッシブ狭域無線通信方式）、RFID（アクティブ

／パッシブ無線自動識別方式)、CALM (Communication Air-Interface: Long-Medium Range方式)、GNSS/CN (Global Navigation Satellite System/Cellularネットワーク方式)、ANPR (Automatic Number Plate Recording方式) などである。加えて、必要となるシステムアーキテクチャ、運営管理等に要される技術レベル、コスト、汎用性、機器の供給業者の存在等について審議され、結果、RFID方式がインドの国道における統一規格として決定され、「FASTag」と命名された。

表 2. 20 ETC技術の6タイプの比較

	ETC Technology	Cost	Suppliers	In use	Comments
DSRC	Active Microwave 5.8 GHz	About Rs 2000 per OBU About Rs 5 Lac per Reader	Limited	Yes (Japan)	Due to higher bandwidth and data speed, supports many ITS applications
	Passive Microwave 5.8 GHz	~ Rs 1000 for OBU ~ Rs 2L for Reader	Multiple	Yes (Europe)	Very Simple OBU
	Infrared ISO-CALM	Rs 1000 for OBU ~ Rs 2L for Reader	Limited	Yes (Austria and Malaysia)	Can be easily extended to a contactless card and useful for other ITS applications
RFID	Passive RFID	About Rs 100 per Tag About Rs 2 Lac per Reader	Multiple	Yes (South America, Georgia, US)	Allows tamper resistant "stickers" Small, light, very cheap, almost unlimited life
	Active RFID	About Rs 1000 per On Board Unit (OBU)	Limited	Yes (Florida)	On-board transmitter, higher range, expensive Finite life as the battery has to be replaced
	GNSS/CN	About Rs 2 Lac per Reader About Rs 2000 per OBU	Limited	Yes (in Germany)	Too sophisticated and due to absence of toll plazas, enforcement on violations is very difficult in India.

(出典：インド道路交通省 ETC Report 28/6/2010)

(2) 仕組みと設備

車両情報と関連づけられた固有のID番号が登録され、このID番号を記録したタグを車両のフロントガラスに張付ける（このタグをFASTagと呼ぶ）。料金所ではFASTagレーンと呼ばれる専用レーンが設けられ、RFIDアンテナ及び各種のセンサーが設置される。タグとアンテナで通信し、車種に応じた料金が走行時に課金される。タグの利用者はシステムの利用に先立ち、車両情報を登録し、またオンライン上に口座を持つことになる。

タグとの通信によって登録された車両固有の I D が読み込まれる。この情報がタグを登録・発行した銀行の中央サーバーに転送され、通行料金が利用者のオンライン口座から引き落とされる。車両のフロントガラスに張り付けられたタグの盗難を防止するため、タグは一度添付すると、損傷や取り外しがあった場合は使用不可になる仕組みとなっている。

また、このタグは 150 km/時の走行車両に対しても感知できるとされている。



(出典：JICA 調査団)

図 2.44 RFID タグ (FASTag)

(3) 実施体制・実施方法

タグは I C I C I 銀行と A x i s 銀行の支店等で独占的に販売されている。これら 2 つの銀行は 2 年間契約で、タグの販売・登録やクリアリング等の決済業務を請け負っている。

タグの製造価格 100 ルピーであるとされ、これに経費が上乗せされ 250 ルピーで販売されている。近年は、インド国の施策により、新車購入時にタグが標準装備されている。

システムの運営維持管理の実施事業者として、インド⁶ 高速道路管理会社 (I n d i a n H i g h w a y s M a n a g e m e n t C o m p a n y L i m i t e d) が 2012 年 12 月に法人化された。インド⁶ 高速道路管理会社は 22 の請負業者が 50% の株を保有し、インド国道庁が 25%、残りを 5 つの銀行が保有している。

料金所における F A S T a g レーンの整備や機器の設置はそれぞれの請負業者の負担により整備されることとなっている。2016 年 4 月末時点で、インド国道庁が管轄する全国の 350 個所の料金所うち、275 個所の料金所で F A S T a g レーンと設備が整備されている。

(4) F A S T a g の現状

上記で述べたように、近年はインド国の施策によって新車にタグが標準装備されており、既に多くのタグが発行されているものと考えられる。しかしながら一方で、システムの利用のために実際に利用者登録された台数はかなり限定的であるとされている。（一部報道では、現在までにインド全国で2、000台の登録台数に留まっているとの情報もある）また、クリアリング業務等の手数料は請負業者が負担することとされており、このことがシステム普及の障壁のひとつであるとの情報もある。

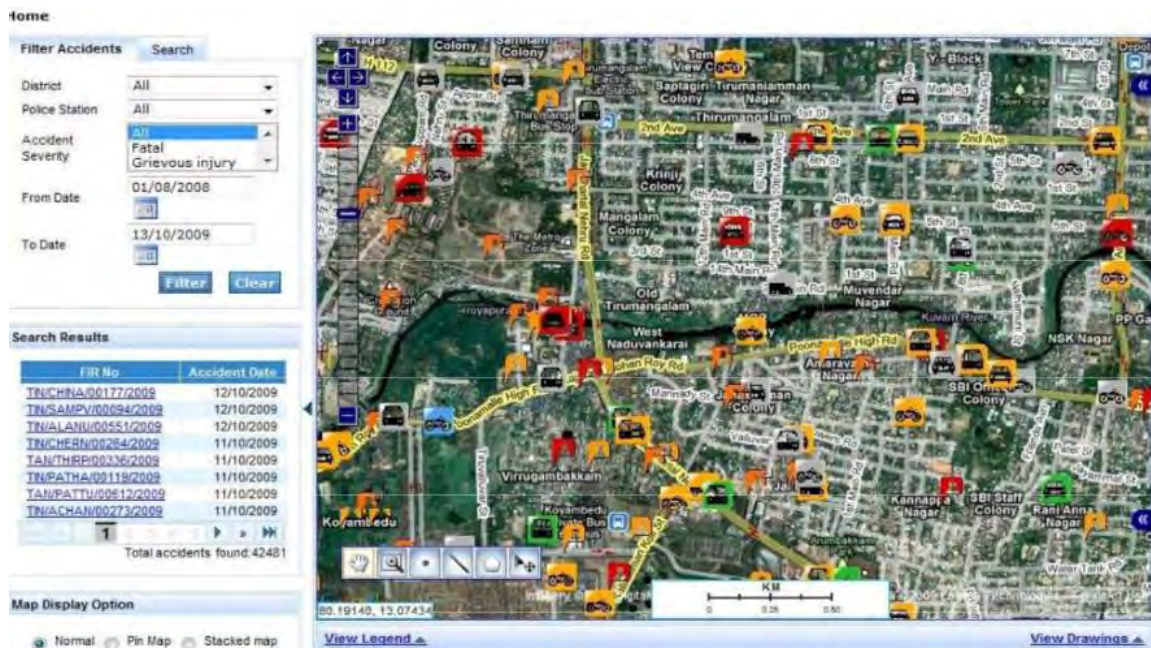
このような状況を背景として、実際のF a s t T a g 利用者は現在のところ限定的である。2016～2017年にF A S T a g を使用した料金支払いに対して10%のキャッシュバックサービスを行うなどのタグの普及策が実施されてはいる。しかしながら、本格的な普及にはまだ時間がかかるものと考えられる。

2.4.8 道路事故データ管理システム

「道路事故データ管理システム」と呼ばれるシステムが世界銀行の融資により開発されており、チェンナイ交通警察、州政府の道路部門や運輸部門など、様々な部局で使用されている。交通事故の分析や事故の改善策を検討するために活用されている。

G I S をベースとしたシステムであり、原因別、車種別などの統計情報や事故の発生箇所等を地図上で可視化表示するとともに、月次や年次レポートとして集計・出力する機能などを備えている。また、事故原因別、発生場所別、事故の種類別、車種別等での集計機能や、事故の発生頻度別に市内の地区をグリッド表示する機能を有する。

以下に、事故の発生箇所を地図上に可視化した画面、及び事故の発生頻度別にグリッド表示した画面の例を示す。



(出典：タミル・ナド州交通局 Road Accident Data Management System)

図 2. 45 道路事故データ管理システム：事故発生箇所



(出典：タミル・ナド州交通局 Road Accident Data Management System)

図 2. 46 道路事故データ管理システム：事故発生頻度別のグリッド表示

2.4.9 ナンバープレートの標準化

インドにおいては2005年6月1日より、標準化されたナンバープレートを順次導入してゆくことが決定された。このナンバープレートは、不正防止高セキュリティ登録プレートと命名され、州の省略文字、地区コード、フォント、文字サイズなどが標準化され、不正な複製を防ぐホログラムが実装されている。また、車両の取付け位置も規定されている。



(出典：タミル・ナド州交通局)

図 2.47 ナンバープレート (タミル・ナド州)

これまでに、メガラヤ州、シッキム州及びゴア州の3つの州で標準化されたナンバープレートが導入されている。現在のところ、タミル・ナド州では順次導入されつつある状況である。タミル・ナド州における現行のナンバープレートは、材質、フォント、文字サイズ、言語、ナンバープレートの取り付け位置などがまちまちであり、統一されていない。ITSでは、特に取り締まり系の処理で標準化されたナンバープレートが重要となってくる。例えば、現在のような状況では、ナンバープレートを自動で認識することは技術的に困難であり、ITS技術を最大限に活用することが難しい。

現在、タミル・ナド州交通局により、標準ナンバープレートの供給業者の入札が実施されている。標準ナンバープレートは、供給業者を通じて、タミル・ナド州交通局 地域事務所にて発行されることになる。ナンバープレートの標準化が着実に進むことが望まれる。



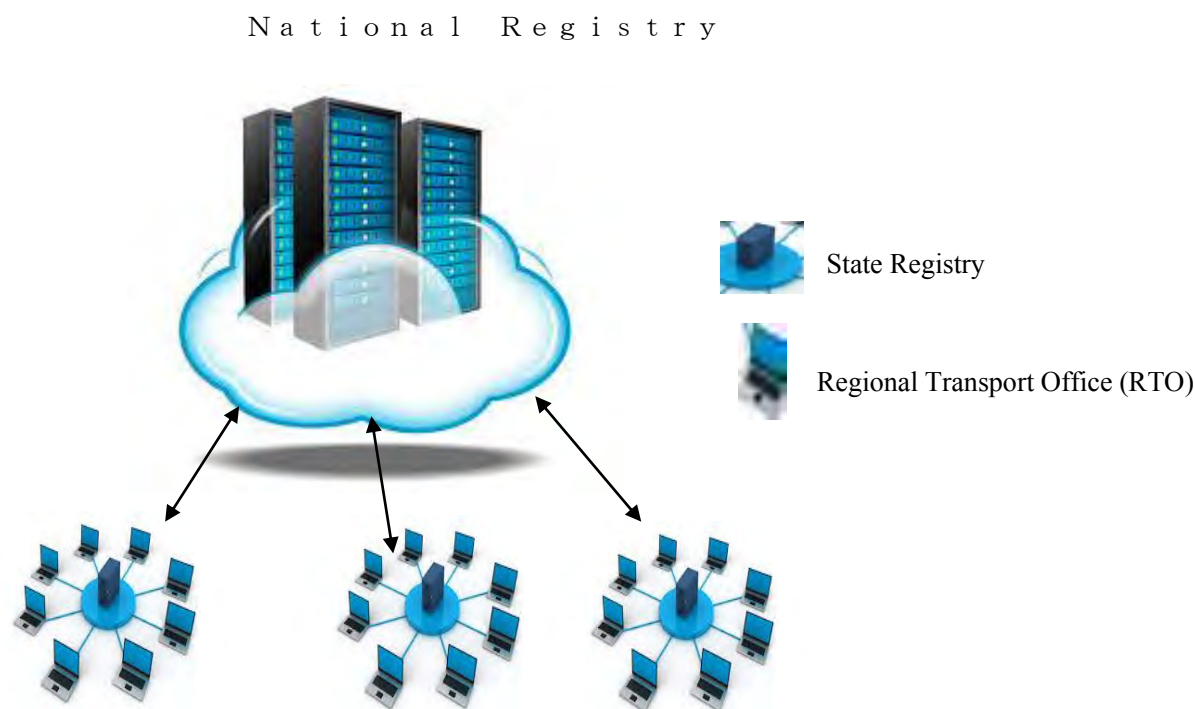
(出典：JICA調査団)

図 2.48 車両に取付けられているナンバープレート

2.4.10 車両データベース

インド中央政府による「電子政府」政策の下、インド道路交通省及び国立情報センターにより、インド全土で登録された車両データを管理するシステムが開発されている。

システムは階層構造を成し、各州に存在する州レベルのデータベース（州レジストリと呼ばれる）に車両情報が登録され、中央のデータベース（ナショナルレジストリと呼ばれる）でデータが集約される。登録された車両情報は、各州の道路局や地方運輸局、州境検問所、交通警察などの関係各機関に共有される。以下の図に、全体のアーキテクチャを示す。



(出典：タミル・ナド州交通局)

図 2. 49 車両データベース・アーキテクチャ

タミル・ナド州においては、タミル・ナド州交通局が、車両情報の登録を担当している。車両の所有者は、車両の購入時に交通局の地方事務所にて所有者名、住所、車種、購入日といった車両情報を届け出る。登録された車両情報はチェンナイ交通警察と共有されており、交通違反の取締に車両情報が活用されている。

車両登録情報の問題点としては、中古車の所有者情報と廃棄済みの車両及び所有者の情報が正しく把握できていないことが挙げられる。車両の所有者が変わった場合であっても新しい所有者の情報が更新されておらず、また、廃棄された車両の情報がそのまま登録情報として残ったままになっているケースが多い。このため、利用されている車両の実態が正しく把握できていないのが実情である。

主要な理由として、(1) 個人で所有する車両については、新車の購入時に自動車税を1回支払えばよく、その後は自動車税が課税されないこと、(2) 個人で所有する車両については、車検のような有料の定期検査が義務付けられていないこと、などが挙げられる。このため、第

三者に車両を譲り渡した場合や車両を処分した場合であっても、届け出が正しく行われず、結果的に実態が正確に把握できていない状況に陥っている。

2.4.11 インド工科大学チェンナイ校の活動

インド工科大学チェンナイ校では、様々な I T S の研究活動が行われている。これらは、インド中央政府である都市開発省、及び情報通信技術省管轄の情報技術局の取り組みの一環として実施されている。

インド工科大学チェンナイ校に都市開発省によって研究センターが設立されており、ここで以下のような取り組みを行っている。

(1) 車種別交通量の計測に関する研究

車種別に車両を検出することは I T S にとって重要である。しかしながら、車線を守らない混合交通であるインドの交通状況において、これを正しく行うには技術的にハードルが高い。これを踏まえ、インドの状況を勘案した下記の研究が行われている。

a) 画像方式車両検知

画像処理方式によって、2 輪車、自動車、大型車、オートリキシャの 4 つの車種区分毎に交通量を計測する。仮想検出ゾーンが設けられ、そこを通過する車両を検出する。画像処理ソフトウェアはインド工科大学チェンナイ校によって開発された。



(出典：インド工科大学チェンナイ校)

図 2.50 画像処理モニター・イメージ

b) 電波方式車両検知

電波を利用した車両検知技術であり、交通量、車速、車長などを計測する。同時に 10 車線、両方向の交通を測定することができる、ということである。

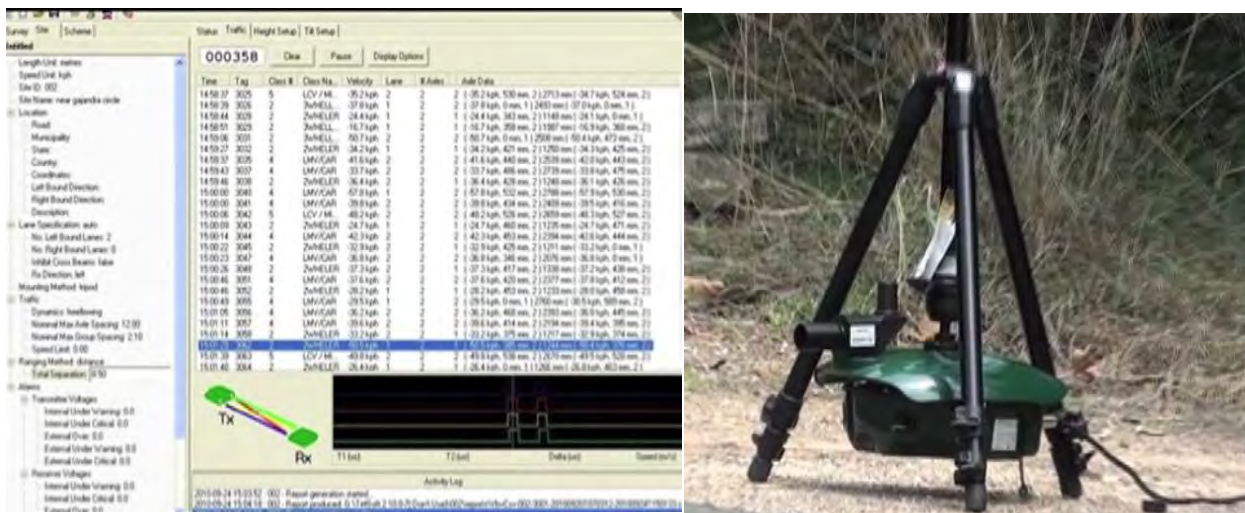


(出典：インド工科大学チェンナイ校)

図 2.51 電波方式車両検知器

c) 赤外方式車両検知

赤外線を利用した車両検知技術であり、交通量、車速などを車種区分毎に計測する。一方向・双方向、および複数車線の交通を測定することが可能であるとのことである。車道の両側に光ビーム送信・受信ユニットをそれぞれ設置し、軸数や車高などを検出する。



(出典：インド工科大学チェンナイ校)

図 2.52 赤外線方式車両検知器

(2) 交通情報提供に関する研究

情報提供のための以下の研究が実施されている。

a) バスの運行管理

バスに設置されたGPSから得られる走行位置情報を基にした、バスの運行管理システムのアプリケーションが開発されている。パイロット的におよそ100台の市バスと数台の大学のキャンパスを走行するバスにGPS装置を設置し、バスの位置情報をセンターで収集し、地図上に動的にバスの走行位置が表示される。10～15秒毎にデータを受信することで、ほぼリアルタイムにバスの現在位置が地図上に反映される。

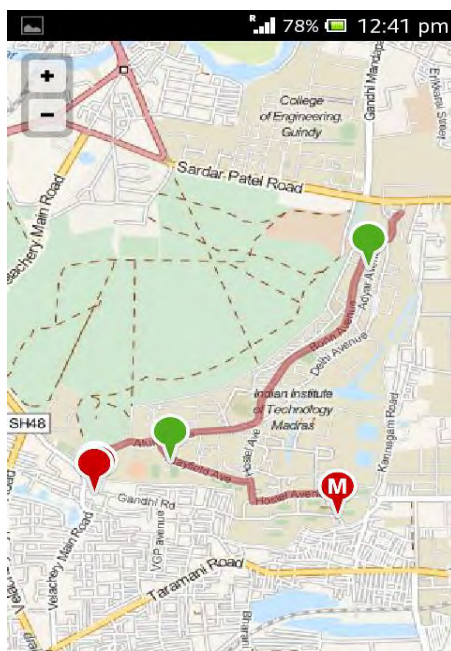


(出典：インド工科大学チェンナイ校)

図 2.53 バスに設置されたGPS装置

b) バスの予想到着時間情報の提供

GPSのプローブデータに基づいてバスの予想到着時刻を計算する。バスの到着時間の計算には、2台前のバスの走行データなど、過去のデータを活用する。情報板や、インターネット、固定式情報端末などを通じて情報を提供することが検討されている。



(出典：インド工科大学チェンナイ校)

図 2. 54 アンドロイド向けに開発されたアプリケーション画面イメージ

c) 旅行時間情報の提供

可変情報表示板が設置された個所からその先の主要な目的地までの予想旅行時間を計算し、代替ルートと共に表示する。予想旅行時間は、現在の渋滞状況や過去の蓄積されたデータをに計算される。最適なルート選択を可能とするためにこのような検討が進められている。

<p>VMS near Raj Bhavan</p> <table border="1" style="background-color: black; color: yellow; width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">EST TIME TO SRP VIA</td></tr> <tr><td>VEL. MAIN RD</td><td style="text-align: right;">16-18 MIN</td></tr> <tr><td>VEL. BYPASS</td><td style="text-align: right;">17-19 MIN</td></tr> </table>	EST TIME TO SRP VIA		VEL. MAIN RD	16-18 MIN	VEL. BYPASS	17-19 MIN	<p>VMS at SRP Tools</p> <table border="1" style="background-color: black; color: yellow; width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">EST TIME TO LITTLE MT VIA</td></tr> <tr><td>OMR</td><td style="text-align: right;">19-21 MIN</td></tr> <tr><td>VEL. BYPASS</td><td style="text-align: right;">22-24 MIN</td></tr> </table>	EST TIME TO LITTLE MT VIA		OMR	19-21 MIN	VEL. BYPASS	22-24 MIN	<p>VMS at Vijayanagar</p> <table border="1" style="background-color: black; color: yellow; width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">EST TIME TO M.KAILAS VIA</td></tr> <tr><td>OMR</td><td style="text-align: right;">11-13 MIN</td></tr> <tr><td>VEL. BYPASS</td><td style="text-align: right;">28-30 MIN</td></tr> </table>	EST TIME TO M.KAILAS VIA		OMR	11-13 MIN	VEL. BYPASS	28-30 MIN
EST TIME TO SRP VIA																				
VEL. MAIN RD	16-18 MIN																			
VEL. BYPASS	17-19 MIN																			
EST TIME TO LITTLE MT VIA																				
OMR	19-21 MIN																			
VEL. BYPASS	22-24 MIN																			
EST TIME TO M.KAILAS VIA																				
OMR	11-13 MIN																			
VEL. BYPASS	28-30 MIN																			
<p>VMS at Madhya Kailash</p> <table border="1" style="background-color: black; color: yellow; width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">EST TIME TO VIJ.NGR VIA</td></tr> <tr><td>VEL. MAIN RD</td><td style="text-align: right;">15-17 MIN</td></tr> <tr><td>VEL. BYPASS</td><td style="text-align: right;">16-18 MIN</td></tr> </table>	EST TIME TO VIJ.NGR VIA		VEL. MAIN RD	15-17 MIN	VEL. BYPASS	16-18 MIN	<p>VMS near Tidel Park</p> <table border="1" style="background-color: black; color: yellow; width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">EST TIME TO CHKPOST VIA</td></tr> <tr><td>S PATEL RD</td><td style="text-align: right;">13-15 MIN</td></tr> <tr><td>VEL. BYPASS</td><td style="text-align: right;">16-18 MIN</td></tr> </table>	EST TIME TO CHKPOST VIA		S PATEL RD	13-15 MIN	VEL. BYPASS	16-18 MIN							
EST TIME TO VIJ.NGR VIA																				
VEL. MAIN RD	15-17 MIN																			
VEL. BYPASS	16-18 MIN																			
EST TIME TO CHKPOST VIA																				
S PATEL RD	13-15 MIN																			
VEL. BYPASS	16-18 MIN																			

(出典：インド工科大学チェンナイ校)

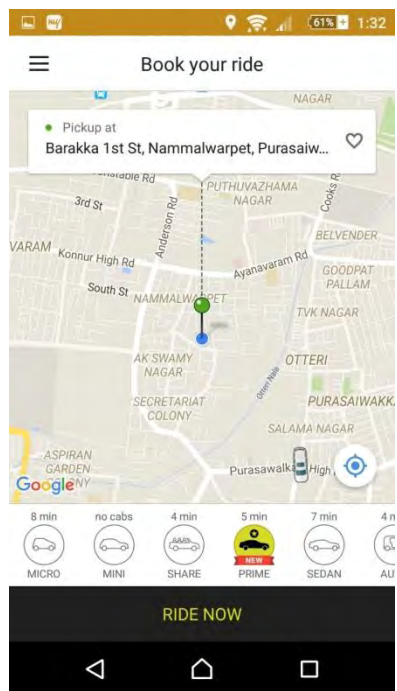
図 2. 55 可変情報板に表示された情報

2.4.12 民間タクシー会社による I T サービス

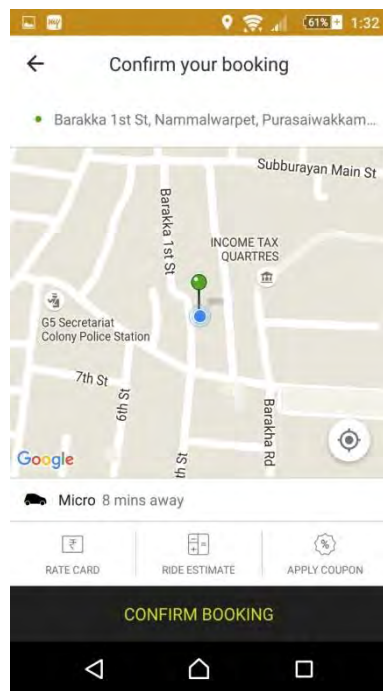
大手の民間タクシー会社によって、情報技術を活用した配車サービスが提供されている。どのサービスも、概ね以下のような特徴がある。

- 利用者は、スマートフォンなどのモバイルアプリケーションから出発地と目的地を選択し、タクシーを予約する。
- 近傍を走行するタクシーに対して、アプリケーションを通じて自動で利用者の予約情報が通知される。
- ドライバーは、G o o g l e ナビなどのナビゲーションガイダンスに従って目的地まで運転する。
- 領収書が自動的に生成され、詳細情報と共に登録されたメールアドレスに送信される。
- 乗車後、ドライバーに対する評価をアプリケーション上で行う仕組みとなっている。
- オートリキシャを利用できるサービスもある。

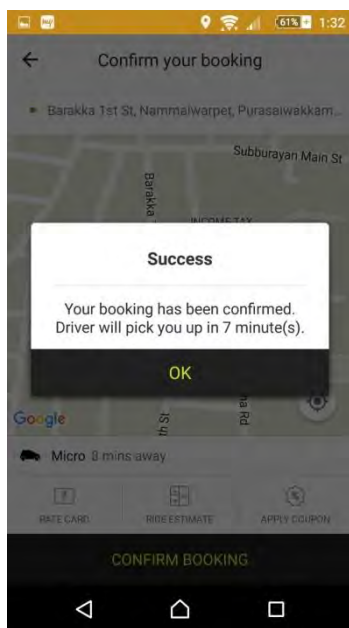
大手の民間タクシー会社である O L A C a b が提供するモバイルアプリの画面イメージを、ステップごとに以下に例示する。



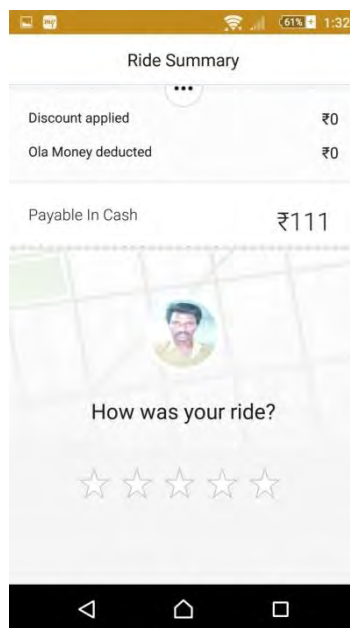
(1) 乗車の予約
(乗車位置と車種を選択)



(2) 予約の確認。



(3) タクシー到着までの
おおよその時間の通知



(4) 乗車料金の通知とサービスの
フィードバック (乗車後)

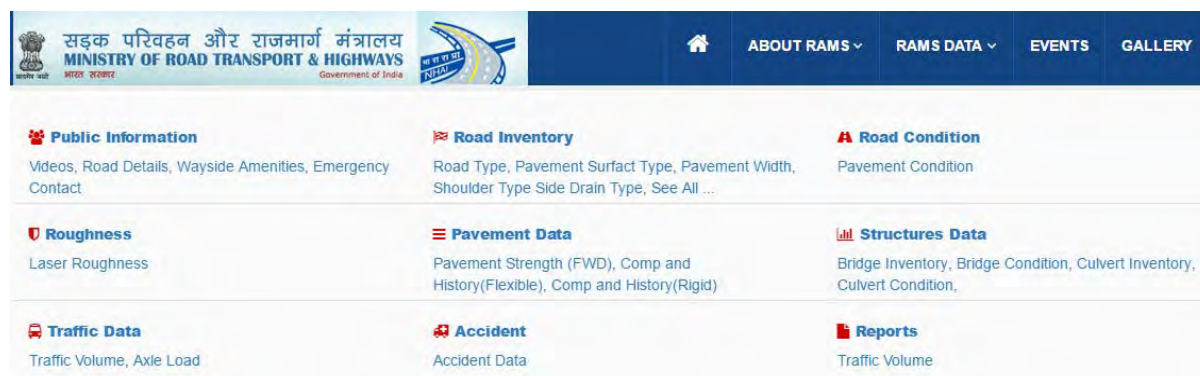
(出典：OLAC a b ウェブサイト)

図 2. 56 O l a C a b モバイルアプリケーションの利用例

2.4.13 道路管理システム

(1) 国道：道路資産管理システム

インド国道庁によって、全国の国道を対象とした道路資産管理システムの開発が進められている。世界銀行の融資により、ナレンドラ・モディ首相の「デジタルインド・イニシアチブ」の一環として開始されたものである。道路管理のための各種の情報（舗装、道路状況、道路工事（計画／完工）、事故、交通量など）を管理する。

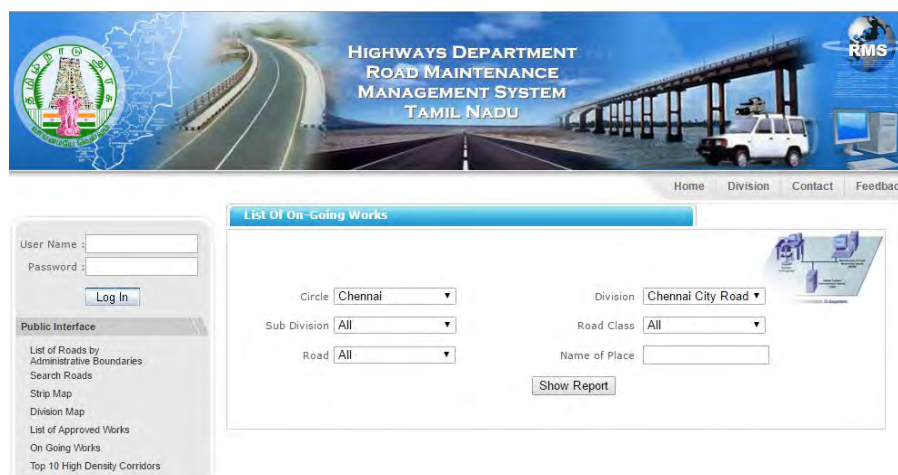


(出典：インド国道庁ウェブサイト)

図 2. 57 国道：道路資産管理システムイメージ

(2) 州道：道路資産管理システム

タミル・ナド州における州道を対象とした道路資産管理システムがタミル・ナド州高速道路・港湾局によって開発されている。道路台帳、区間毎の管轄、建設中のプロジェクト情報などの情報を管理する。管理者によって道路の状況を把握したり、道路事業を評価するために準備されているものであり、管理情報は一部、インターネットでも公開されている。



(出典：タミル・ナド州高速道路・港湾局ウェブサイト)

図 2. 58 州道：道路資産管理システムイメージ

2.4.14 インドにおけるその他の I T S 導入の事例

a) アーメダバードの道路交通情報提供システム

独立行政法人国際協力機構（JICA）の民間技術普及促進事業として本邦企業である名古屋電機工業株式会社及びゼロ・サム社により、グジャラート州アーメダバード市に道路交通情報提供システムが導入されている。タクシー及び携帯端末より得られるプローブデータ、及び路側に設置された画像式トラフィックカウンターを基にクラウドサーバにて動的な渋滞情報を生成し、可変情報板より情報提供を行うものである。可変情報板の右半分に渋滞情報を表示する。これによりドライバーは最適経路の選択が可能となる。また、可変情報板の左半分は広告用デジタルサイネージとして企業に貸し出し、その広告収益を事業の運営・保守にあてる。交通警察が情報端末を携行し、市内の交通状況を把握できる一方、交通事故や緊急事態発生時には、情報端末から可変情報板へ必要に応じてメッセージを送信する。将来的には蓄積された交通データをインフラ整備計画や事業の評価等に活用することも可能である。インドにおける動的な道路交通情報を提供する初となる事業である。



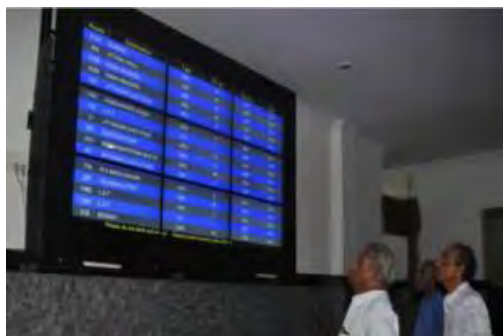
(出典：名古屋電機工業（株）及びゼロ・サム社)

図 2. 59 アーメダバードにおける可変情報板による道路交通情報提供

b) マイソールのバス運行管理及び運行情報提供システム

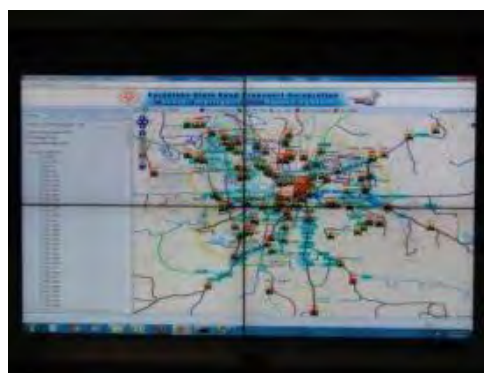
カルナタカ州道路交通公社（K a r n a t a k a S t a t e R o a d T r a n s p o r t C o r p o r a t i o n）は、主要都市間及びカルナタカ州第二の都市であるマイソール市内のバスの運行を実施している組織である。マイソール市は、約90万人の人口を有しており、カルナタカ州道路交通公社は500台のバスにより約400のバス路線をマイソール市内で運行している。一日当たりの乗客数は約20万人である。

マイソールではMI TRA（M y s o r e I n t e l l i g e n t T r a n s p o r t）と称されるバス運行管理システム及びバス利用者への運行情報提供システムが約2億ルピーの事業費で2012年から運用されている。本プロジェクトは、世界銀行の“持続的都市交通プログラム”、都市開発省のジャワハラル・ネルー全国都市再生計画及びカルナタカ州の支援を受けた事業である。GPSによるバス運行管理システムと、バスターミナルやバス停及びSMSでのバス到着時間の情報提供、電子バス発券システムと管理センターから構成されている。



(出典：JICA調査団)

図 2. 60 バスターミナル及びバス停での運行情報提供



(出典：JICA調査団)

図 2. 61 バス管理センター

バスはインドにおける公共交通機関のうち最も利用者が多い交通機関であり、市民の主要な移動手段であるため、バスサービスの効率化が急がれている。それゆえ、マイソールと同様のバス運行管理システムはベンガルール、アーメダバード、チェンナイ等多くの都市で導入済または、導入が計画されている。

2.5 主要な開発計画

2.5.1 全国都市交通政策

インド国における都市交通の上位政策である。2006年にインド中央政府 都市開発省を中心に作成された。インドにおける都市交通の計画や実施は各州政府の管轄となるが、これらは基本的に本政策の基本方針の下に行われる。中でも、インドの都市において以下に重点を置き交通施策を推進してゆくことが謳われている。

- インドの都市圏における都市大量輸送システムの整備の推進
- 都市開発と一体となった都市交通インフラ整備の推進
- 交通需要の公共交通機関への転換のための各種の施策の実施
- 都市交通問題の解決のためITSなどの情報技術の活用
- 駐車場や歩行者のための道路空間の整備
- 自転車道の整備の推進
- 統合都市交通委員会の設立（人口400万人以上の都市圏）

（出典：都市開発省 全国都市交通政策2006を基にJICA調査団要約）

2.5.2 第2次チェンナイ・マスタープラン

第二次チェンナイ・マスタープランが2008年、チェンナイ都市圏開発局によって作成されている。本マスタープランは2026年を目標年次としたチェンナイ都市圏の開発に係る総合計画である。運輸・交通部門も含まれ、以下の課題と方向性が示されている。

(1) 課題

- 道路、郊外鉄道、都市内鉄道、メトロなどは異なる組織によって管理されており、これらの関係者の間で十分な調整が図られていない

- 運輸・交通インフラの整備・改善は、交通需要の伸びに追いついていない
- 交通管理が正しく実施されておらず、取締りも十分でない
- 駐車場の需要に対して供給が追いついておらず、渋滞悪化の要因となっている
- 自動車排ガスによる環境への悪影響と交通事故の増加

(2) 対処方針

- チェンナイ統合都市圏交通委員会の設置
- メトロ網の整備など、公共交通機関への需要転換を図る各種の施策の推進
- 立体交差、鉄道の新駅、道路の拡幅、歩道橋やバス専用レーンなどの建設を推進
- 土地利用計画と運輸交通計画の融合
- 非動力輸送の重視
- I T S を用いた既存の道路・交通インフラの最適活用
- 駐車場方針の策定
- 旅客輸送からの貨物輸送の分離
- 各種の交通需要マネジメントの実施
- モノレールや L R T などの輸送機関の整備の推進、など

2.5.3 チェンナイ総合交通計画

「チェンナイ総合交通計画」がチェンナイ都市圏開発局によって2010年に策定されている。2026年を目標年次とし、以下が提唱されている。

(1) ビジョン

チェンナイ総合交通計画では、第二次チェンナイ・マスタープランにて提唱されたビジョン2026に基づき、以下のビジョンが示されている。原文のまま掲載する。

「Provide safe, efficient, affordable and modern transport choices to people and businesses integrating economic, land use and

transport concerns of Chennai Metropolitan Area to be fully prepared to take on the transport challenges of Chennai - the Mega police]

(出典：チェンナイ総合交通計画2010より抜粋)

(2) 目標

目標指標として、2026年次における以下に示す分担率が設定されている。

表 2.21 2008年（現状）及び2026年次における目標値：分担率

交通機関 ^{※1}	2008年（現状）	2026年（目標）
公共交通	41%	70% ^{※2}
タクシー、リキシャなど	11%	8%
自家用車	48%	22%

※1：上記は非動力輸送を除く

※2：公共交通の分担率70%を達成する条件として、都市内鉄道、メトロ、モノレール、LRT、BRTといった公共交通機関が計画どおり確実に整備される必要がある。これらに加え、ハード面ではバス停や鉄道駅等の交通結節点における駐車場、乗換施設、情報提供施設等が整備されることが重要である。また、ソフト面では共通カードの導入による利用者の利便性の向上やバスを含む公共交通機関の定時性の確保が重要となる。加えて、市民の主な移動手段である市バスについては老朽化した車両の入れ替え等による車内の快適性の向上を図ること等が挙げられる。公共交通の分担率70%の達成のためには、これらの施策が総合的に実施される必要があると考えられる。

(出典：チェンナイ総合交通計画2010より抜粋)

(3) 戦略

上記に掲げられたビジョン、目標を達成するため、2026年までを短期、中期、長期のフェーズに分け、以下のような道路交通インフラ開発が提唱されている。

表 2. 22 短期・中期・長期の道路インフラ開発計画

期間	計画
短期提案 (2010 - 2015)	歩行者施設 (歩道)、自転車道ネットワーク、交通管理施設、 駐車規制、信号改良、交差点改良、車線と標識など
中期提案 (2016 - 2021)	歩行者用地下道、立体駐車場、立体交差、 フライオーバーや地下構造部分、交通管理センター、歩道橋など
長期提案 (2022 - 2026)	都市内鉄道、メトロ、モノレール、LRT、BRT、 乗り換え施設、トラックターミナル、都市間バスターミナル、 高架道路、貨物用道路、道路のミッシングリンクと幹線道路の拡幅

(出典：チェンナイ総合交通計画を基に JICA 調査団編集)

短期、中期、長期毎の投資額が以下のように見積もられている。

表 2. 23 投資見積もり額

期間	投資見積もり額
短期 (2010-2015)	5, 268. 9 億ルピー
中期 (2016-2021)	2, 189. 9 億ルピー
長期 (2022-2026)	753. 2 億ルピー
計	8, 212. 0 億ルピー

(出典：チェンナイ総合交通計画を基に JICA 調査団編集)

2.5.4 スマートシティ構想

ナレンドラ・モディ首相の「スマートシティ構想」の下、インド政府により、今後インドの 100 の都市でスマートシティを整備する方針が打ち出されている。インドにおけるスマートシティとは、社会インフラを適切・効率的に管理し、健全なガバナンスと環境に配慮した地域社会を実現することによって、持続可能な経済発展と生活の質の向上を目指すものとされている。

このスマートシティは、インド中央政府 都市開発省管轄の下、対象となる都市の州政府と都市開発省が協力しながら整備することになっている。全国の各州、及び連邦直轄区からそれぞれ最低 1 つの都市が選択されることになっており、現在までに合計 98 の都市が選ばれている。

このうち、優先的に整備される都市として、20の都市がショートリスト化されている。タミル・ナド州からは、チェンナイとコインバトールがこれら20の都市の中に含まれている。スマートシティの整備のために、今後5年間でおよそ4,800億ルピーが拠出されることになっている。

優先的に整備されることになる、ショートリスト化された20の都市を以下の表にまとめた。

表 2. 24 ショートリスト化された20都市

N	州名	都市名	N	州名	都市名
1	オリッサ	ブバネーシュワル	11	マディヤ・プラディッシュ	インドール
2	マハラシュトラ	プネ	12	ニューデリー	ニューデリー
3	ラジャスタン	ジャイプル	13	タミル・ナド	コインバトール
4	グジャラート	スラート	14	アンドラ・プラディッシュ	カキナダ
5	ケララ	コーチ	15	カルナタカ	ベルガラム
6	グジャラート	アーメダバード	16	ラジャスタン	ウダイプル
7	マディヤ・プラディッシュ	ジャブアー	17	アッサム	グワハティ
8	アンドラ・プラディッシュ	ヴィシャーカパトナム	18	タミル・ナド	チェンナイ
9	マハラシュトラ	ソラプール	19	パンジャブ	ルディアナ
10	カルナタカ	ダーヴァナゲレ	20	マディヤ・プラディッシュ	ボーパール

(出典：インド都市開発省ウェブサイト)

チェンナイにおいては、スマートシティの実施はチェンナイ市が実施機関となる。下図は、スマートシティの主要な構成要素を示している。これらの中で、ITSを用いた都市のモビリティも重要な構成要素の一つとされている。



(出典：インド都市開発省ウェブサイト)

図 2. 62 スマートシティの主要な構成要素

チェンナイスムートシティ公社はスマートシティミッション実施のために組織された特別目的事業体である。この特別目的事業体はスマートシティに係るプロジェクトの計画、評価、承認、予算獲得、実施、及び管理を担当する。

タミル・ナド州都市インフラ開発財務公社の総裁はスマートシティ公社の総裁でもある。チェンナイ市のWORKS DIVISIONの副局長はスマートシティ公社のCEOに任命されている。

チェンナイスムートシティ公社の取締役会は下記の組織の代表者によって構成されている。

表 2. 25 チェンナイスムートシティ公社の取締役会を構成する組織

チェンナイ市 (議長)
チェンナイスムートシティ公社
インド政府 都市開発省
タミル・ナド州政府 財務局
チェンナイ都市上下水道
タミル・ナド州都市インフラ融資サービス公社
チェンナイ市
タミル・ナド州スラム街撤去委員会
タミル・ナド電力公社
チェンナイ警察
タミル・ナドエレクトロニクス公社
チェンナイ都市圏開発局
都市専門家 (外部専門家)
Independent Woman Director

(出典：特別目的事業体の辞令に基づき JICA 調査団が作成)

一般市民からの意見も募り、チェンナイにおけるスマートシティは、Tナガール地区がデモンストレーション地域に選ばれている。また、定期の関係者会議が開催されており、スマートシティ計画の対象として、これまでに以下のようなテーマが分科会で議論されている。

- ・ 路上駐車管理
- ・ 非駆動交通計画
- ・ バスターミナル開発
- ・ 市バスの I T S（バス運行管理システム、情報提供システム、電子式運賃支払システム）

なお、分科会は政府関係組織（市バス公社、チェンナイ市等）、チェンナイの主要大学（インド工科大学チェンナイ校、アンナ大学）及びNGOから構成され、定期的に行われている。

2.5.5 タミル・ナド州ビジョン 2023

タミル・ナド州におけるインフラ開発構想として、州首相の下、2014年に「タミル・ナド州ビジョン2023」が提唱されている。目標年次である2023年までに、エネルギー、運輸交通（道路、鉄道、港湾、空港）、産業、農業、教育などのセクターで、物理インフラや社会インフラの整備を推進するものである。217のプロジェクトに対して、10年間に約15兆ルピーが投入されることが示されている。本構想は、アジア開発銀行の支援により策定され、タミル・ナド州インフラ開発庁が中心となり推進されてゆくことになっている。

チェンナイ都市圏における道路セクターでは、以下の整備が提唱されている。

- 外環状道路（フェーズ2）
- 北部港アクセス道路（国道5号からエンノール港までの区間）
- チェンナイーベンガルール高速道路
- チェンナイ周辺環状道路

セクター毎には以下の事業費が見積もられている。

表 2. 26 セクター毎の事業費

セクター	事業費 (単位：千万ルピー)
エネルギー	389,335
運輸・交通	368,123
産業、商業	171,285
都市インフラ	263,350
農業	121,400
保険・衛生、教育	59,140
その他	127,367
合計	1,500,000

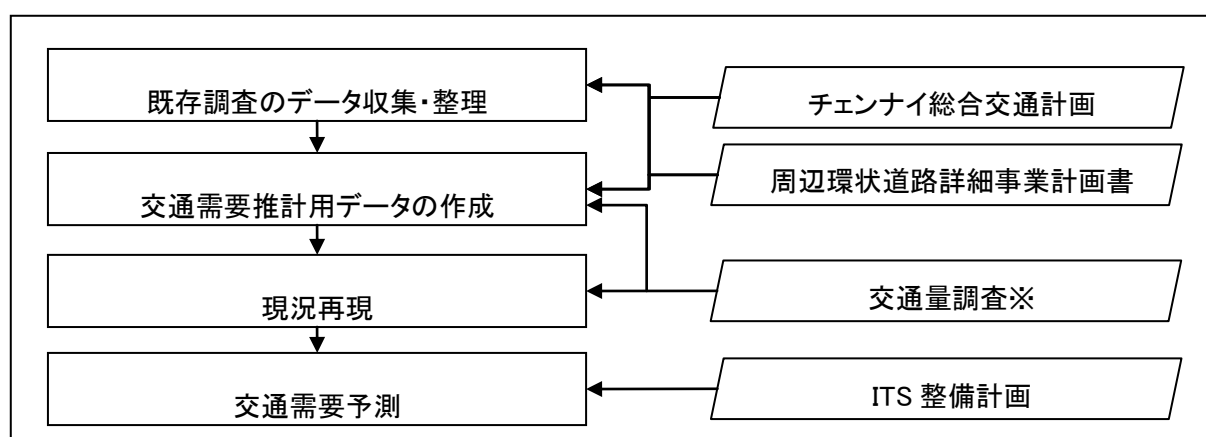
(出典：VISION TAMIL NADU 2023を基にJICA調査団編集)

3 交通需要推計

3.1 目的・手順

ITSの導入効果の計測を行うためには、ITS導入前後の交通状況をシミュレーションし、どれだけ交通状況が改善されたか確認する必要がある。その確認を行うために、交通需要予測を実施する。交通需要予測に用いるODデータやネットワークデータは既存の調査結果をベースに本調査で実施した交通量調査結果を用いて現状のデータを作成する。将来推計年次はITS整備計画に合わせて設定する。

交通需要推計の実施フローを図 3.1 に示す。まずは、チェンナイ総合交通計画やチェンナイ周辺環状道路詳細事業計画書といった既存調査のデータ収集・整理を行う。また、既存調査で使われているODデータ・ネットワークデータを基に交通需要予測に必要なデータの作成を行う。なお、本検討ではJICA STRADAを用いて交通量配分を実施するため、JICA STRADAのフォーマットに合わせてデータを作成する。作成したデータを用いて現況再現を行った上で、ITS整備計画で設定した将来年次のODデータ・ネットワークデータの作成を行い、将来交通需要予測を行う。



※本調査で実施

(出典：JICA調査団)

図 3.1 交通需要推計の実施フロー

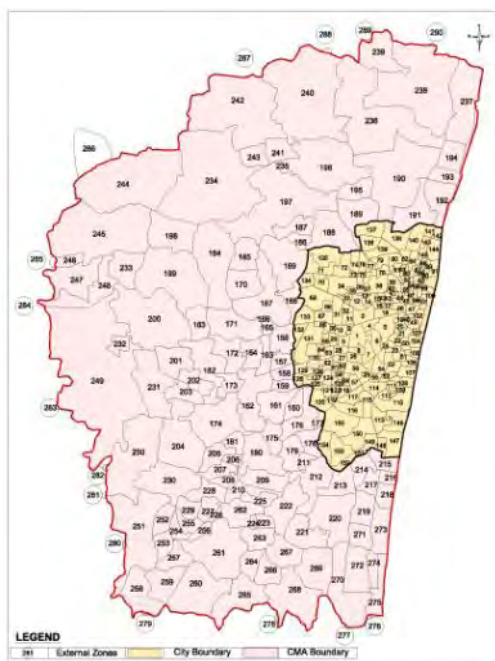
3.2 既存調査のデータ収集・整理

本検討で活用が可能である既存調査として、チェンナイ総合交通計画とチェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書が挙げることができる。表 3. 1 にその概要を示す。データの整備状況を踏まえ、現況のOD及びネットワークはチェンナイ総合交通計画を基本とし、将来需要推計ではチェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書を参考にして検討を進めることとする。

表 3. 1 既存調査の整理

	チェンナイ 総合交通計画		チェンナイ周辺環状道路の 詳細事業計画書	
	交通量調査	2008年実施	スクリーンライン：43箇所 インナーコードン：15箇所 CBDコードン：11箇所 アウターコードン：15箇所	2013年実施
OD	290ゾーン	図 3. 2 参照* ¹	20ゾーン	図 3. 2 参照
ネットワーク	あり	周辺環状道路以内が対象	なし	
将来需要推計手法	あり	四段階推定法	あり	交通需要弾性法
将来需要推計用データ	なし	パラメータ値が不明	あり	5年毎車種別伸び率

※入手したデータはチェンナイ総合交通計画ファイナルレポートに記載されているデータとは異なるものであったが、入手したデータを基に検討を進めた。



(出典：チェンナイ総合交通計画)

Zone No.	Zone
1	Chennai city (includes Tambaram, Sholinganallur, Porur, Ambattur, Puzhal)
2	Kelambakkam, Kovalam
3	Vandalur
4	Poonamallee
5	Avadi, Patabiram
6	Redhills
7	Minjur
8	Ennore Port
9	Thiruppur, Korambakkam
10	Singaperumal Koil
11	Oragadam
12	Sriperumbudur
13	Thiruvallur
14	Thamaraipakkam
15	Periyapalayam
16	Thatchoor, Pudukoyal & Andhra Pradesh (Expert Tripathi) & Northern India
17	Mamallapuram, Pondy and upto Vedaranyam
18	Chengalpattu and upto Trichy, Thajavur, Dindigul, Madurai & Southern Tamilnadu
19	Vellore, Kanchipuram, Coimbatore region & Kerala, Bangalore & Karnataka, Mahasharata & Gujarat
20	Tripathi & Trithani

(出典：周辺環状道路の詳細事業計画書)

図 3. 2 既存調査のゾーン区分

3.3 交通調査の実施

本調査で実施した交通量調査及び旅行速度調査の概要を以下に示す。

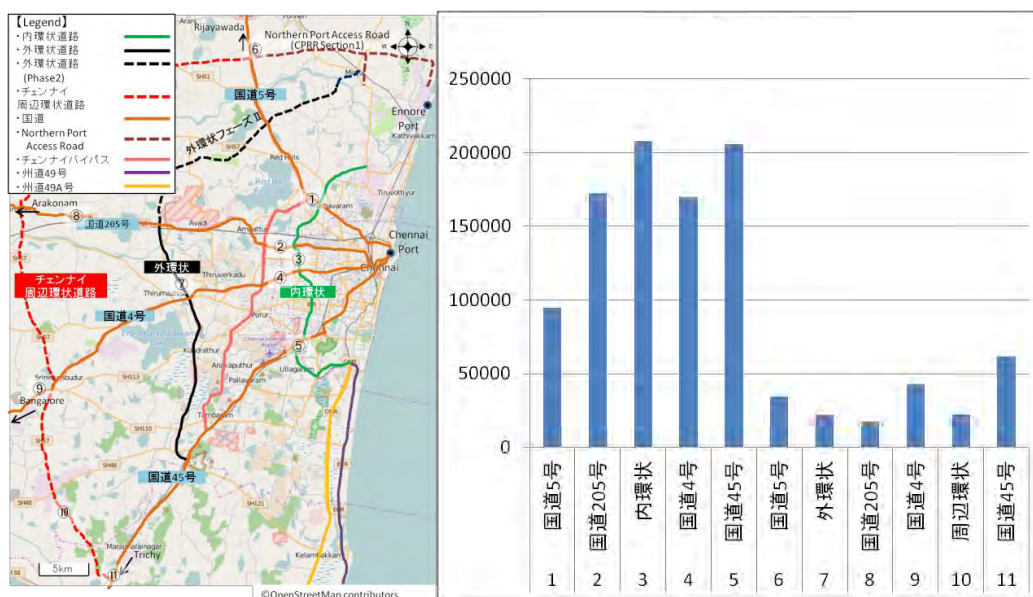
3.3.1 交通量調査

交通量調査の概要を表 3. 2 に、交通量調査結果を図 3. 3 に示す。11地点において24時間調査を実施した。調査結果の詳細は別添資料に示す。

表 3. 2 交通量調査の概要

地点	調査路線	調査日時
1	国道5号	2016年3月31日6時～翌6時
2	国道205号	2016年3月30日6時～翌6時
3	内環状道路	2016年3月29日6時～翌6時
4	国道4号	2016年3月29日6時～翌6時
5	国道45号	2016年3月29日6時～翌6時
6	国道5号	2016年4月6日6時～翌6時
7	外環状道路	2016年4月5日6時～翌6時
8	国道205号	2016年4月5日6時～翌6時
9	国道4号	2016年3月31日6時～翌6時
10	チェンナイ周辺環状道路	2016年4月5日6時～翌6時
11	国道45号	2016年3月30日6時～翌6時

(出典：JICA調査団)



(出典：JICA調査団)

図 3. 3 調査位置と調査結果

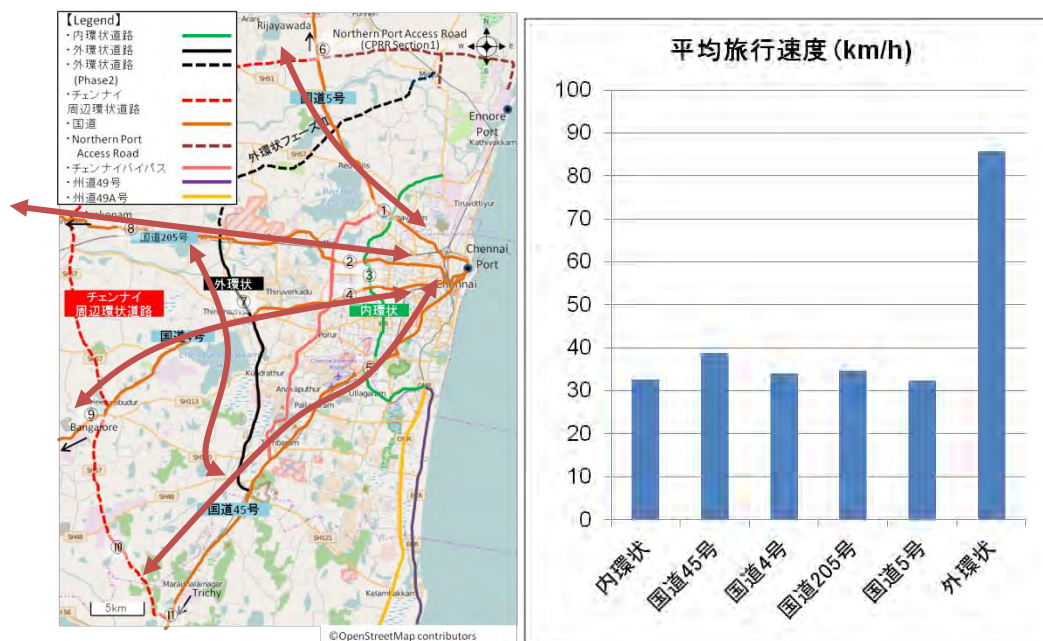
3.3.2 旅行速度調査

旅行速度調査対象路線と路線ごとの調査結果を図 3.4 に示す。5 路線の往路と復路について朝ピーク時、オフピーク時、夕ピーク時の 3 回調査を実施した。詳細は別添資料に示す。

表 3.3 旅行速度調査の概要

地点	調査路線	調査日時
1	国道 5 号	2016 年 4 月 6 日
2	国道 205 号	2016 年 3 月 17 日
3	内環状道路	2016 年 3 月 24 日
4	国道 4 号	2016 年 3 月 22 日
5	国道 45 号	2016 年 3 月 23 日

(出典：JICA 調査団)



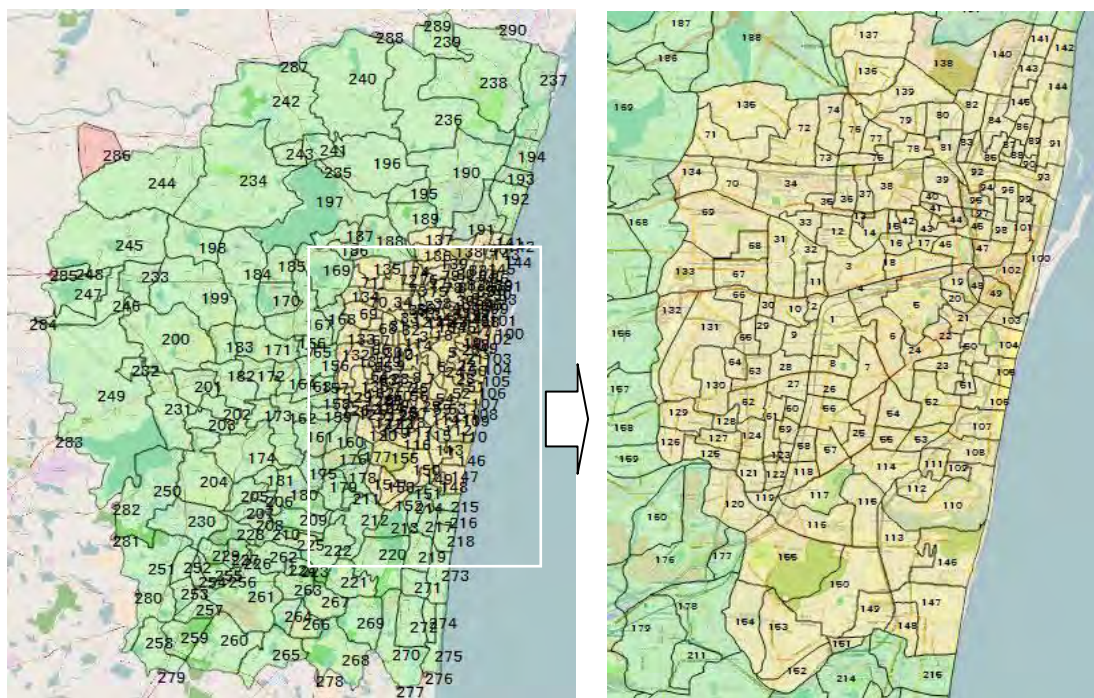
(出典：JICA 調査団)

図 3.4 調査位置と調査結果

3.4 交通需要推計用データの作成

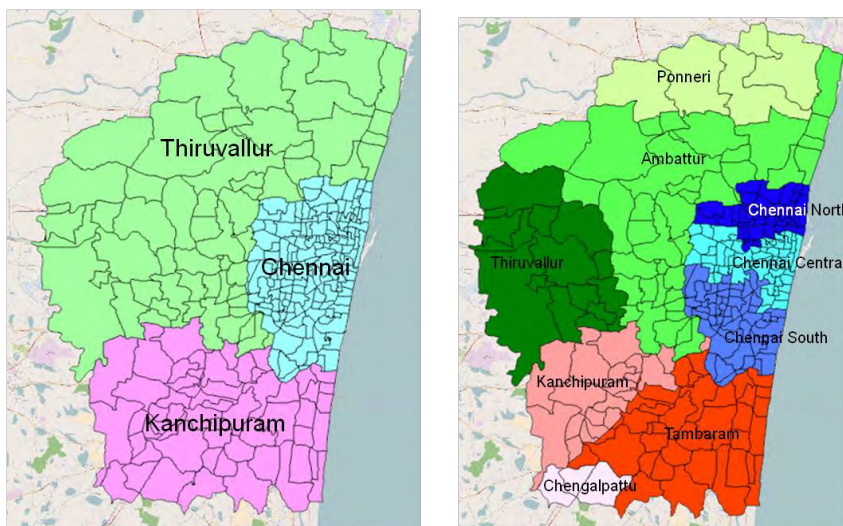
3.4.1 ODデータの作成

図 3. 5 に示すとおりチェンナイの中心市街地を155ゾーン、チェンナイ都市圏を120ゾーン、外部ゾーンを15ゾーンの合計290ゾーンに分割した。図 3. 6、表 3. 4 は各ゾーンの集約ゾーン区分を示す。



(出典：JICA調査団)

図 3. 5 本調査のゾーン区分



(出典：JICA調査団)

図 3.6 本調査の集約ゾーン区分 (大ゾーン：左、中ゾーン：右)

表 3.4 集約ゾーン対比表

ゾーン	大ゾーン	中ゾーン	小ゾーン
1	Chennai	Chennai Central	Nungambakkam
2	Chennai	Chennai Central	Kilpauk (South)
3	Chennai	Chennai Central	Kilpauk (North)
4	Chennai	Chennai Central	Chetpet
5	Chennai	Chennai Central	Egmore, Pudurpet
6	Chennai	Chennai South	Thousand Lights
7	Chennai	Chennai South	Nakkeerar Nagar
8	Chennai	Chennai South	Ko. Su. Mani Nagar
9	Chennai	Chennai South	Periyar Nagar (North), Periyar Nagar (South)
10	Chennai	Chennai Central	Aminjikarai (East)
11	Chennai	Chennai Central	Shenoy Nagar
12	Chennai	Chennai Central	Panneerselvam Nagar
13	Chennai	Chennai North	Maraimalai Adigal Nagar (North)
14	Chennai	Chennai North	Maraimalai Adigal Nagar (South)
15	Chennai	Chennai	Anjugam Ammaiyar

		North	Nagar
16	Chennai	Chennai Central	Purasawalkam
17	Chennai	Chennai Central	Kannappar Nagar
18	Chennai	Chennai Central	Gangadaraeswarar Koil, Dr Ambedkar Nagar
19	Chennai	Chennai Central	Adikesavapuram
20	Chennai	Chennai Central	Chintadripet
21	Chennai	Chennai Central	Nehru Nagar
22	Chennai	Chennai Central	Komaleeswaranpet, Balasubramaniam Nagar
23	Chennai	Chennai Central	Azad Nagar (North), Ameer Mahal
24	Chennai	Chennai South	Azagiri Nagar
25	Chennai	Chennai South	Sathyamurthi Nagar
26	Chennai	Chennai South	Kalaivanar Nagar
27	Chennai	Chennai South	Navalar Nedunchezhan Nagar (East)
28	Chennai	Chennai South	Vadapalani (East)
29	Chennai	Chennai Central	Aminjikarai (Central)
30	Chennai	Chennai Central	Aminjikarai (West)
31	Chennai	Chennai Central	Anna Nagar (Central)
32	Chennai	Chennai Central	Anna Nagar (East)
33	Chennai	Chennai Central	Ayanavaram
34	Chennai	Chennai Central	Viduthalai Guru Samy Nagar
35	Chennai	Chennai Central	Nagamma Ammaiyar Nagar (South)
36	Chennai	Chennai North	Thiru Vi. Ka. Nagar
37	Chennai	Chennai North	Nagamma Ammaiyar Nagar (North)
38	Chennai	Chennai North	Wadia Nagar
39	Chennai	Chennai North	Dr. Sathyavanimuthu Nagar
40	Chennai	Chennai North	Pulianthope
41	Chennai	Chennai Central	Dr. Beasant Nagar
42	Chennai	Chennai North	Kosapet, Perumalpet

43	Chennai	Chennai Central	Choolai, Pattalam, Arivazhan Nagar
44	Chennai	Chennai Central	That tankulam
45	Chennai	Chennai Central	Elephant Gate
46	Chennai	Chennai Central	Park Town
47	Chennai	Chennai Central	Edapalayam
48	Chennai	Chennai Central	Nehru Nagar
49	Chennai	Chennai Central	Nehru Nagar
50	Chennai	Chennai Central	Thruvateeswaranpet, DrNatesan Nagar, Zambazaar,
51	Chennai	Chennai Central	Umaru Pulavar Nagar, Bharathi Nagar
52	Chennai	Chennai Central	Azad Nagar (South)
53	Chennai	Chennai Central	Vivekanandapuram, Thiruvalluvar Nagar
54	Chennai	Chennai South	Royapettah, Teynampet
55	Chennai	Chennai South	Alwarpet (North)
56	Chennai	Chennai South	Theagaraya Nagar
57	Chennai	Chennai South	V. O. C. Nagar
58	Chennai	Chennai South	Rajaji Nagar
59	Chennai	Chennai South	Kamaraj Nagar (South)
60	Chennai	Chennai South	Kamaraj Nagar (North)
61	Chennai	Chennai South	M. G. R. Nagar
62	Chennai	Chennai South	Ashok Nagar
63	Chennai	Chennai South	Vadapalani (West)
64	Chennai	Chennai South	Saligramam
65	Chennai	Chennai Central	Aminjikarai (Central)
66	Chennai	Chennai Central	Aminjikarai (West)
67	Chennai	Chennai Central	Anna Nagar (West)
68	Chennai	Chennai Central	Anna Nagar (West)
69	Chennai	Chennai Central	Villivakkam (south)
70	Chennai	Chennai Central	Villivakkam (North)
71	Chennai	Chennai	Kulathur

		N o r t h	
72	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	A g a r a m (N o r t h)
73	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	A g a r a m (S o u t h)
74	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	S e m b i a m
75	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	P e r a m b u r (S o u t h)
76	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	S i r u v a l l u r
77	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	P e r a m b u r (N o r t h)
78	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	E l a n g o N a g a r
79	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	P e r a m b u r (E a s t)
80	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	V y a s a r p a d i (N o r t h)
81	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	V y a s a r p a d i (S o u t h)
82	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	K u m a r a s a m y N a g a r (S o u t h)
83	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	K u m a r a s a m y N a g a r (N o r t h)
84	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	K o r u k k u p e t
85	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	D r. R a d h a k r i s h n a n N a g a r (S o u t h)
86	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	S a n j e e v i r o y a n p e t
87	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	M o t t a i T h o t t a m, D r. V i j a y a r a h a v a l u N a g a r
88	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	N a r a y a n a p p a N a i c k e n G a r d e n, D r R a d h a k r i s h n a n N a g a r (N o r t h)
89	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	G r a c e G a r d e n
90	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	S i n g a r a G a r d e n
91	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	M a. P o. S i. N a g a r, R o y a p u r a m
92	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	B a s i n B r i d g e
93	C h e n n a i	C h e n n a i N o r t h	M e e n a k s h i a m m a n p e t
94	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	K o n d i t h o p e
95	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	P e d d u N a i c k e n p e t
96	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	S e v e n W e l l s (s o u t h)
97	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	P e r u m a l K o i l G a r d e n
98	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	S e v e n W e l l s (N o r t h), A m m a n

			Ko i l , S o w c a r p e t
99	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	M u t h i a l p e t
100	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	V a l l a l S e e t h a k a t h i N a g a r
101	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	K a t c h a l e e s w a r a r N a g a r
102	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	N e h r u N a g a r
103	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	N e h r u N a g a r
104	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	C h e p a u k
105	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	T h i r u v a l l i k e n i , M a r i n a
106	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	K r i s h n a m p e t , B h a r a t h i d a s a n N a g a r
107	C h e n n a i	C h e n n a i C e n t r a l	M a d h a P e r u m a l P u r a m , K a r a n e e s w a r a p u r a m
108	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	S a n t h o m e , M y l a p o r e
109	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	A v v a i N a g a r (N o r t h)
110	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	R a j a A n n a m a l a i P u r a m
111	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	B h e e m a n n a p e t
112	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	A v v a i N a g a r (S o u t h)
113	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	A d a y a r (W e s t)
114	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	A l w a r p e t (S o u t h)
115	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	G . D . N a i d u N a g a r (E a s t)
116	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	G . D . N a i d u N a g a r (W e s t)
117	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	G . D . N a i d u N a g a r (W e s t)
118	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	K a l a i g n a r K a r u n a n i t h i N a g a r
119	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	s a i d a p e t (E a s t)
120	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	G u i n d y (w e s t)
121	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	s a i d a p e t (W e s t)
122	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	K u m a r a n N a g a r (s o u t h)
123	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	K u m a r a n N a g a r (N o r t h)
124	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	N a v a l a r N e d u n c h e z h i a n N a g a r (W e s t)
125	C h e n n a i	C h e n n a i S o u t h	K o d a m b a k k a m (s o u t h)
126	C h e n n a i	C h e n n a i	V i r u g a m b a k k a m

		South	(South)
127	Chennai	Chennai South	Kodambakkam (North)
128	Chennai	Chennai South	Kodambakkam (North)
129	Chennai	Chennai South	Virugambakkam (South)
130	Chennai	Chennai South	Saligramam
131	Chennai	Chennai South	Virugambakkam (North)
132	Chennai	Chennai South	Virugambakkam (North)
133	Chennai	Chennai Central	Villivakkam (south)
134	Chennai	Chennai Central	Villivakkam (North)
135	Chennai	Chennai North	Kulathur
136	Chennai	Chennai North	Kodungaiyur (West)
137	Chennai	Chennai North	Kodungaiyur (West)
138	Chennai	Chennai North	Jeeva Nagar (South)
139	Chennai	Chennai North	Jeeva Nagar (South)
140	Chennai	Chennai North	Kodungaiyur (East)
141	Chennai	Chennai North	Cherian Nagar (North)
142	Chennai	Chennai North	Cherian Nagar (South)
143	Chennai	Chennai North	Old Washermanpet
144	Chennai	Chennai North	Tondiarpet
145	Chennai	Chennai North	Jeeva Nagar (North)
146	Chennai	Chennai South	Adayar (East)
147	Chennai	Chennai South	Thiruvanmiyur (East)
148	Chennai	Chennai South	Thiruvanmiyur (East)
149	Chennai	Chennai South	Thiruvanmiyur (west)
150	Chennai	Chennai South	Guindy (East)
151	Chennai	Chennai South	Thiruvanmiyur (west)
152	Chennai	Chennai South	Velachery
153	Chennai	Chennai South	Velachery
154	Chennai	Chennai South	Velachery
155	Chennai	Chennai	Guindy (East)

		South	
156	Thiruvallur	Ambattur	Nerkundram, Maduravoyal
157	Thiruvallur	Ambattur	Valasaravakam
158	Thiruvallur	Ambattur	Valasaravakam, Ramapuram
159	Thiruvallur	Ambattur	Ramapuram
160	Thiruvallur	Ambattur	Namdambakkam
161	Thiruvallur	Ambattur	Manapakkam, Mugalivakkam
162	Thiruvallur	Ambattur	Karambakkam, Porur, Madanandapuram, Kulapakkam
163	Thiruvallur	Ambattur	Maduravoyal
164	Thiruvallur	Ambattur	Maduravoyal, Sivabudam, vanagaram
165	Thiruvallur	Ambattur	Nolambur
166	Thiruvallur	Ambattur	Nolambur
167	Thiruvallur	Ambattur	Kakapallam, Mannur, Athipattu, Mogappair
168	Thiruvallur	Ambattur	Padi
169	Thiruvallur	Ambattur	Korattur
170	Thiruvallur	Ambattur	Patravakkam, Menambeu
171	Thiruvallur	Ambattur	Ayanambakkam, Perumalagaram, Adayalampattu, Koladi
172	Thiruvallur	Ambattur	vanagaram, Chettiyaragaram, Thandalam, Numbal
173	Thiruvallur	Ambattur	Kulathuvancheri, Thelliciyaragaram, Ayyappanthangal
174	Kanchipuram	Kanchipuram	Tharapakkam, Moulipentankattalai, Thandalam, Kovur, Gerugambakkam, Peripanicheri,
175	Kanchipuram	Kanchipuram	Minambakkam
176	Thiruvallur	Ambattur	StThomas Mount
177	Thiruvallur	Kanchipuram	Guindy
178	Thiruvallur	Tambaram	Adayar ward - F
179	Kanchipuram	Tambaram	Palavanthangal, Nanganallur
180	Kanchipuram	Kanchipuram	Cowl Bazaar, Minambakkam cum
181	Kanchipuram	Kanchipuram	Polichalur
182	Thiruvallur	Thiruvallur	Chinnapanicheri, Paraniputhur, Senn Sirinivasapuram, Katturpakkam, Goparasanallur,
183	Thiruvallur	Thiruvallur	Sundrasholavaram

184	Thiruvallur	Ambattur	Ayapakkam, Thirumullaivoyal
185	Thiruvallur	Ambattur	Oragadam
186	Thiruvallur	Ambattur	Puttagaram
187	Thiruvallur	Ambattur	Surappattu , Kathirvedu
188	Thiruvallur	Ambattur	Villakkupattu
189	Thiruvallur	Ambattur	Manjambakkam
190	Thiruvallur	Ambattur	Chinna sekkadu, Amulavoyal, Vaikkadu, Elanthancheri , Sadayankuppam, Ariyalur, Kada
191	Thiruvallur	Ambattur	Sathangadu
192	Thiruvallur	Ambattur	Tiruvottiyur
193	Thiruvallur	Ambattur	Tiruvottiyur bit
194	Thiruvallur	Ambattur	Ernavur.
195	Thiruvallur	Ambattur	Mathur
196	Thiruvallur	Ambattur	Mathur, Layon, Vadapurambakkam, Vadakarai, Layongrant, Naravarikuppam, Alinjivakkam
197	Thiruvallur	Ambattur	Puzhal Redhills, Tu ndalkalani
198	Thiruvallur	Ambattur	Kovilpadagai
199	Thiruvallur	Thiruvallur	Palaripattu, Sekkadu, Paruthipattu, Vilinjambakkam
200	Thiruvallur	Thiruvallur	Thukkanampattu , Pidarithangal, Parivakkam, Veerar Kolappancheri, Panavaduthottam,
201	Thiruvallur	Thiruvallur	Ariyamarundanallur, Agraharam
202	Thiruvallur	Thiruvallur	Kulamaniyavakkam , Mangadu
203	Thiruvallur	Thiruvallur	Mangadu
204	Kanchipuram	Kanchipuram	Kunrathur, Vengatapuram, Manancheri, Thirunageswaram, Munnankattalai, Kollaicheri
205	Kanchipuram	Kanchipuram	Anakaputtur, Polichalur
206	Kanchipuram	Kanchipuram	Pammal
207	Kanchipuram	Kanchipuram	Pammal
208	Kanchipuram	Kanchipuram	Pammal
209	Kanchipuram	Tambaram	Pallavararam
210	Kanchipuram	Tambaram	Pallavararam, Issa Pllavararam

211	Kanchipuram	Tambaram	Thalakkancheri
212	Kanchipuram	Tambaram	Muvarasampattu, Madipakkam, Perundavakkam
213	Kanchipuram	Tambaram	Pallikaranai
214	Kanchipuram	Tambaram	Perungudi
215	Kanchipuram	Tambaram	Kottivakkam
216	Kanchipuram	Tambaram	Plavakkam, Sivaram
217	Kanchipuram	Tambaram	Perungudi, Plavakkam, Neelangarai
218	Kanchipuram	Tambaram	Neelangarai
219	Kanchipuram	Tambaram	Okkiamthurai pakkam
220	Kanchipuram	Tambaram	Pallikaranai
221	Kanchipuram	Tambaram	Medavakkam, Jaladampettai
222	Kanchipuram	Tambaram	Nanmangalam, Kulathur, Kovilambakkam, Keelakattalai
223	Kanchipuram	Tambaram	Sembakkam
224	Kanchipuram	Tambaram	Sembakkam
225	Kanchipuram	Tambaram	Nemilicheri
226	Kanchipuram	Tambaram	Thambaram
227	Kanchipuram	Kanchipuram	Thambaram
228	Kanchipuram	Kanchipuram	Thiruneermalai
229	Kanchipuram	Kanchipuram	Thambaram
230	Kanchipuram	Kanchipuram	Rhirumudivakkam, Palanthendalam
231	Thiruvallur	Thiruvallur	Meppur, Melagaram, Malayambakkam, Nazarathpettai, Varadharajapuram
232	Thiruvallur	Thiruvallur	Kattirambakkam, Chettipattu, Palanjur, Kuttambakkam, Chembarambakkam, Madavilagam, Ne
233	Thiruvallur	Thiruvallur	Thandari
234	Thiruvallur	Ambattur	Pottur, Vellanur, Pammadukulam, Alamadi
235	Thiruvallur	Ambattur	Naravarikuppam
236	Thiruvallur	Ponneri	Vichoor, Chinn Edayanchedi, Vellivoyal, Thirunilai, Kodipallam, Periamullavoyal,
237	Thiruvallur	Ambattur	Ennor
238	Thiruvallur	Ponneri	Vallur, Athipattu, Nandiyambakkam, Kollati, Ariyanvoyal

239	Thiruvallur	Ponneri	Minjur
240	Thiruvallur	Ponneri	Sothupakkam, Perungavur, Pudur, Kummanur, Kandigai, Marambedu, Ankadu, Arumandai,
241	Thiruvallur	Ambattur	Pdiyanallur , Thiruthakiriyampattu
242	Thiruvallur	Ponneri	Vijayanallur, Pannivakkam, Nallur, Siruniyam, Sembilivaram, Palayaermaivettipalaya
243	Thiruvallur	Ambattur	Attanthangal
244	Thiruvallur	Ambattur	Alathur, Velacheri, Pulikutti, Kadavur, Tenambakkam, Keelakondaiyur, Karlappakkam,
245	Thiruvallur	Thiruvallur	Nadukuttagai, Pakkam, Palavedu, Mittanamalli, Mukthapudupattu
246	Thiruvallur	Thiruvallur	Agraharam, Annambedu, Karunakaracheri, Nemilicheri, Thiruninravur
247	Thiruvallur	Thiruvallur	Thiruninravur
248	Thiruvallur	Thiruvallur	Thiruninravur
249	Thiruvallur	Thiruvallur	Thirumazhisai
250	Kanchipuram	Kanchipuram	Poonthandalam, Nandambakkam, Daravur, Kavanur, Sirukulathur
251	Kanchipuram	Kanchipuram	Mudichur, Varadharajapuram, Naduveerapattu, Erumaiyur
252	Kanchipuram	Kanchipuram	Perungalathur
253	Kanchipuram	Kanchipuram	Perungalathur
254	Kanchipuram	Kanchipuram	Thambaram
255	Kanchipuram	Kanchipuram	Thambaram
256	Kanchipuram	Tambaram	Thambaram
257	Kanchipuram	Tambaram	Peerkankaranai, Perungalathur
258	Kanchipuram	Chengalpattu	Vandalur, Mannivakkam, Kelambakkam
259	Kanchipuram	Chengalpattu	Vandalur
260	Kanchipuram	Chengalpattu	Puthur, Nedukundram, Kulappakkam
261	Kanchipuram	Tambaram	Irumbuliyur, Meppedu, Thiruvanjeri

262	Kanchipuram	Tambaram	Hasthinapuram, Chitlapakkam
263	Kanchipuram	Tambaram	Sembakkam, Gowrivakkam, Rajakilpakkam
264	Kanchipuram	Tambaram	Madambakkam
265	Kanchipuram	Tambaram	Madambakkam, Kaspapuram, Vengambakkam, Agaramten
266	Kanchipuram	Tambaram	Vengavasal
267	Kanchipuram	Tambaram	Madambakkam
268	Kanchipuram	Tambaram	Sithalapakkam, Arasankalani, KovilanCheri, Madurapakkam, Otiyambakkam, Mulacheri
269	Kanchipuram	Tambaram	Perumbakkam
270	Kanchipuram	Tambaram	Sholinganallur, Uthandi, Semmancheri
271	Kanchipuram	Tambaram	karapakkam , Okkiam thurai pakkam
272	Kanchipuram	Tambaram	Sholinganallur
273	Kanchipuram	Tambaram	Okkiam thurai pakkam, Injambakkam
274	Kanchipuram	Tambaram	Sholinganallur
275	Kanchipuram	Tambaram	Sholinganallur, Uthandi
276 -29 0	External Zone		

(出典：JICA調査団)

ODは表 3. 5 に示す2輪車、乗用車、オートリキシャ、バス、LCV、トラック、MAVの7車種区分とした。残差平方和最小化モデルを用いて交通量調査結果と整合した現況ODを作成した。乗用車換算係数（PCU）は表 3. 6 に、1台当たり乗車人数は表 3. 7 に示すとおりである。

表 3. 5 車種区分

交通量調査		需要予測	
1	Two Wheeler	1	2輪車
2	Car/Jeep	2	乗用車
3	Trip van/Maxi Cab/Share Auto	3	オートリキシャ
4	Auto Rickshaw		
5	Bus	4	バス
6	Mini Bus		
7	LCV	5	LCV
8	Goods Auto		
9	2 axle	6	トラック
10	3 axle		
11	MAV	7	MAV

(出典：JICA調査団)

表 3. 6 既存調査の乗用車換算係数

車種	PCU	車種	PCU
乗用車/ オートリキシャ/ タクシー	1. 0	トラック	3. 0
LCV	1. 5	MAV	4. 5
バス	3. 0	2輪車	0. 5

(出典：Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India 2009)

表 3. 7 既存調査の1台当たり乗車人数

車種	乗車人数
2輪車	1. 5
乗用車	2. 6
オートリキシャ/タクシー	2. 3
バス	6. 5

(出典：チェンナイ総合交通計画)

表 3. 8 に現況OD（2016年）のモード別トリップ数（貨物車以外）を示す。表 3. 9 に2008年（チェンナイ総合交通計画の結果）と2016年（作成した現況OD）の分担率の比較表を示す。2016年のリキシャの値をみると、2008年よりも3. 6%低い。これは、本調査で実施した交通量調査におけるリキシャの割合が低く、その結果が反映されているためである。交通量調査は、内環状道路の外側で行った。そのため、リキシャの割合が低くなったと考えられる。表 3. 10 に貨物車の現況OD（2016年）のモード別台数を示す。

表 3. 8 現況OD（2016年）のモード別トリップ数（貨物車以外）

	二輪車	乗用車	リキシャ	バス	電車※	Σ
現況OD (トリップ)	7, 26 1, 257	2, 31 1, 114	819, 2 16	9, 87 0, 250	2, 76 7, 714	23, 02 9, 551

※電車は2008年時点（チェンナイ総合交通計画）のバス利用に対する電車利用の割合に2016年のバス利用を乗じて算出した。

（出典：JICA調査団）

表 3. 9 2008年と2016年の分担率の比較

交通機関	2008年 (チェンナイ総合交通計画)	2016年 (現況OD)
公共交通	41%	41. 6%
タクシー、リキシャなど	11%	3. 6%
自家用車	48%	54. 9%

※上記は非動力輸送を除く

（出典：JICA調査団）

表 3. 10 現況OD（2016年）のモード別台数（貨物車）

	LCV	Truck	MAV
現況OD (台/日)	160, 274	62, 039	15, 531

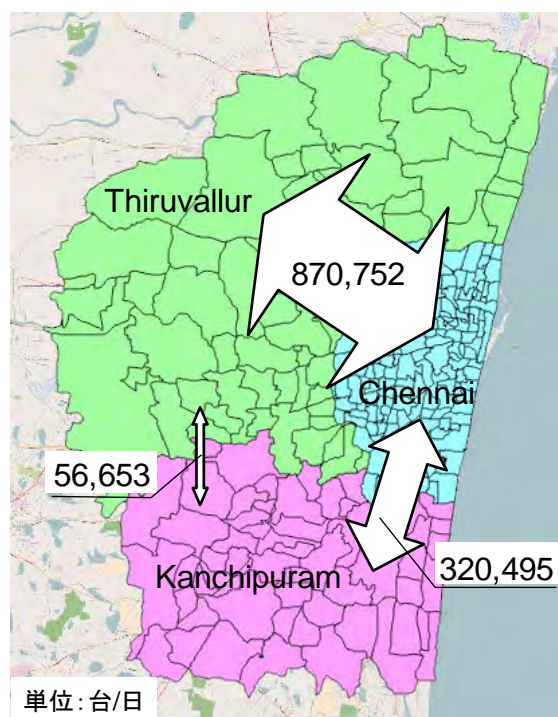
（出典：JICA調査団）

表 3. 11 に現況OD（2016年）の発生集中交通量を示す。Chennaiの内々が多くの割合を占めていることがわかる。図 3. 7 に現況ODの地域間OD量を示す。地域間ではChennaiとThiruvallur間のOD量が多くなっている。

表 3. 11 現況OD（2016年）の発生集中交通量（大ゾーン）

発生地域	集中地域	発生集中交通量 (台/日)
Chennai	Chennai	4, 492, 225
Chennai	Kanchipuram	195, 394
Chennai	Thiruvallur	626, 350
Chennai	External Zone	193, 900
Kanchipuram	Chennai	125, 101
Kanchipuram	Kanchipuram	69, 490
Kanchipuram	Thiruvallur	30, 271
Kanchipuram	External Zone	37, 954
Thiruvallur	Chennai	244, 402
Thiruvallur	Kanchipuram	26, 382
Thiruvallur	Thiruvallur	179, 139
Thiruvallur	External Zone	124, 509
External Zone	Chennai	60, 307
External Zone	Kanchipuram	13, 084
External Zone	Thiruvallur	41, 040
External Zone	External Zone	16, 055
Σ		6, 475, 603

(出典：JICA調査団)



(出典: JICA調査団)

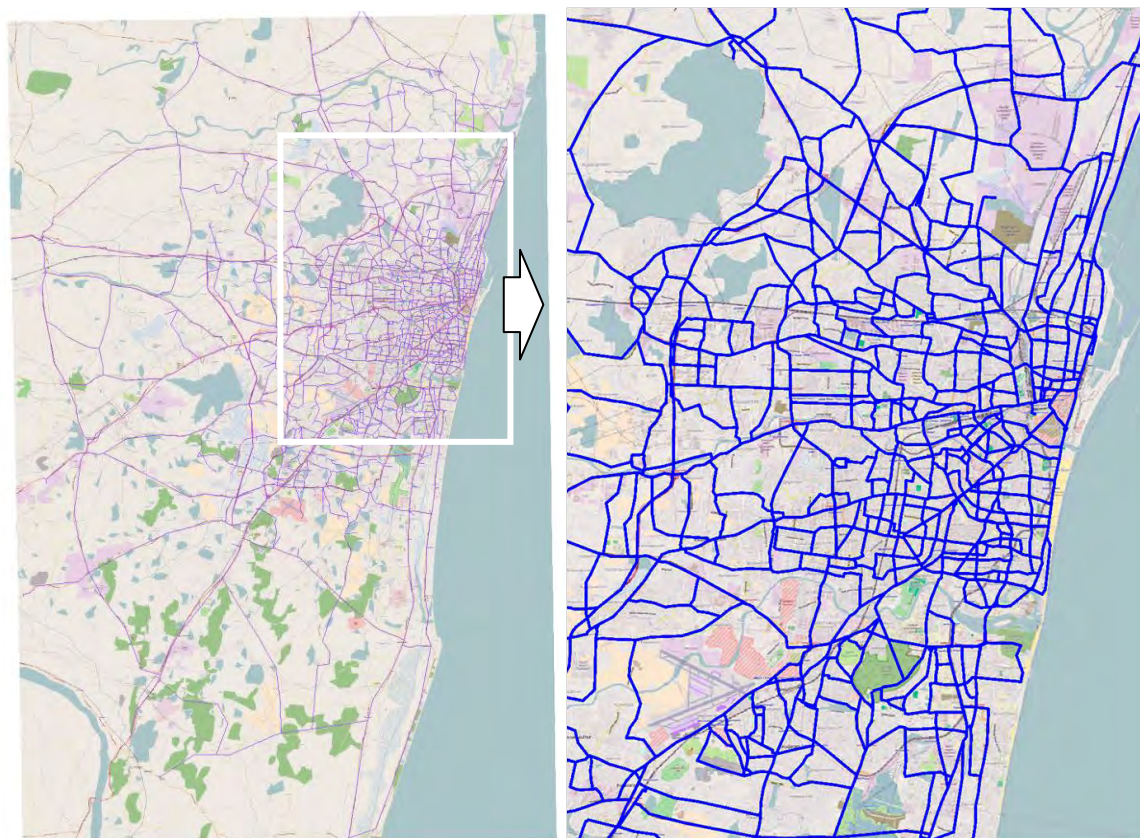
図 3.7 現況ODの地域間OD量

3.4.2 ネットワークデータの作成

図 3.8 に本調査のネットワークデータを示す。チェンナイ総合交通計画の検討において用いられていた時間交通容量と自由流速度を基に道路ネットワーク条件を設定した。日交通容量は下式を用いて算出した。ピーク率は、本調査の交通量調査結果の平均値である8.7%を適用した。

$$Q_c = q_c / P \times 100$$

ここで、 Q_c : 日交通容量 (PCU/日)、 q_c : 時間交通容量 (PCU/時)、 P : ピーク率 (%)



(出典：JICA調査団)

図 3. 8 本調査のネットワークデータ

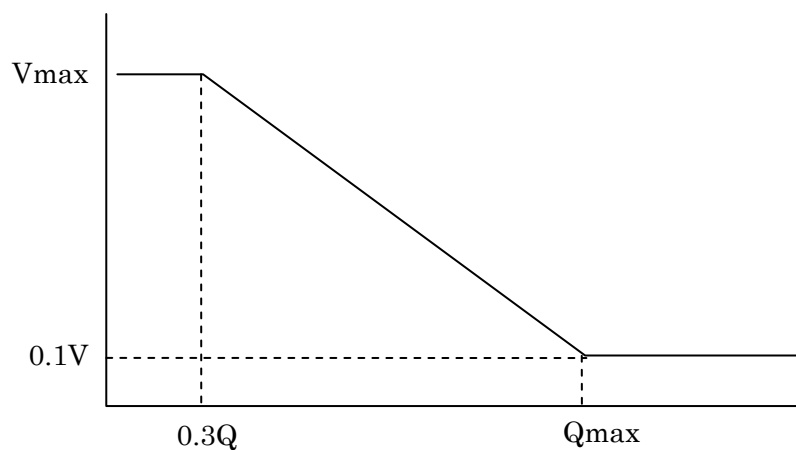
表 3. 12 道路ネットワーク条件

I d	車線	中央 分離帯	方向規制	速度	交通容量
1	1	なし	双方向	22 km/h	20,700 PCU/日
2	1.5	なし	双方向	27 km/h	32,200 PCU/日
3	2	なし	一方通行	36 km/h	69,000 PCU/日
4	2	なし	双方向	35 km/h	43,700 PCU/日
5	3	なし	双方向	38 km/h	64,400 PCU/日
6	3	あり	双方向	31 km/h	78,200 PCU/日
7	4	なし	一方通行	45 km/h	137,900 PCU/日
8	4	なし	双方向	40 km/h	87,400 PCU/日
9	4	あり	双方向	43 km/h	103,400 PCU/日
10	6	あり	双方向	50 km/h	154,000 PCU/日

(出典：JICA調査団)

3.4.3 QV条件の設定

図 3. 9 に示すとおり設定した。



(出典：JICA調査団)

図 3. 9 QV条件

3.4.4 料金所と通行料金の設定

図 3. 10 に示すとおり対象エリア内の主要路線に9箇所設置されている。通行料金は、表 3. 13 のとおり設定した。



(出典：JICA調査団)

図 3.10 料金所位置と通行料金：

表 3.13 通行料金

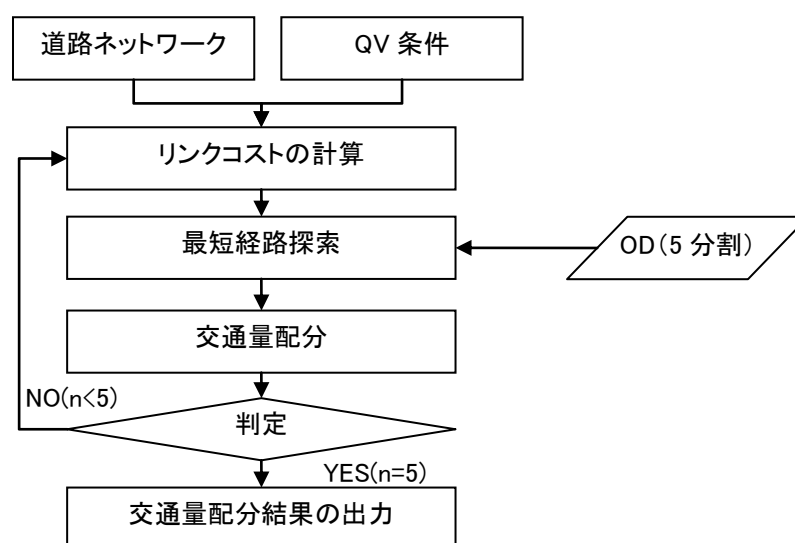
		Fee (ルピー)
1	2 輪車	—
2	乗用車	4 5
3	オートリキシャ	4 5
4	バス	1 5 7
5	LCV	7 8
6	トラック	1 5 7
7	MAV	2 5 2

(出典：JICA調査団)

3.5 現在の交通状況

3.5.1 交通量配分

交通量配分手法は、多段階交通量配分を採用した。図 3. 11 に示すとおり多段階交通量配分により、分割したOD交通量を一般化費用（時間、距離などから構成されるインピーダンス）が最小となるルートに逐次配分するものである。分割回数は、20%毎の5回配分とし、上記に示した道路ネットワーク、QV 条件を用いた。

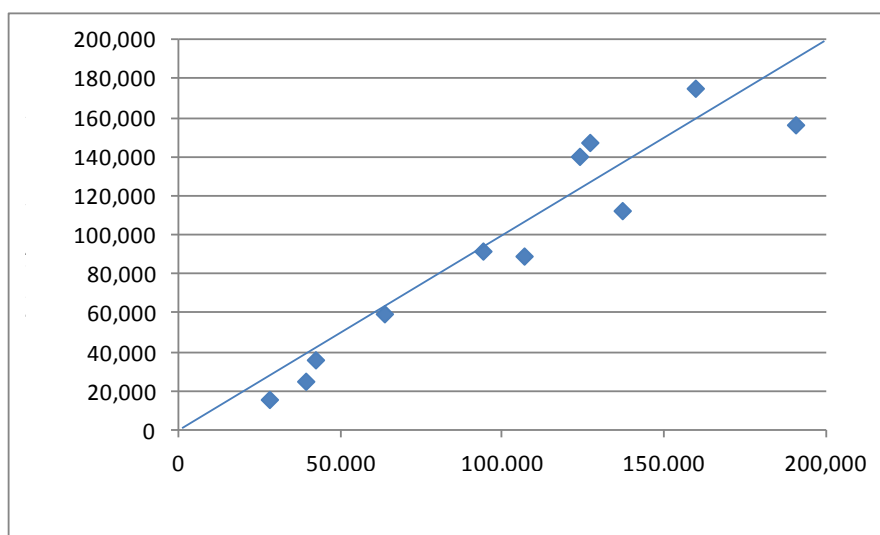


(出典：JICA調査団)

図 3. 11 交通量配分フロー

3.5.2 現況再現

実測結果と推計結果を比較して現況再現性の確認を行った。現況再現の結果を図 3. 12 に示す。相関係数は0. 950 となり、現況再現性が確保されていると判断した。上記のパラメータ一条件にもとづき、将来交通量推計を実施する。

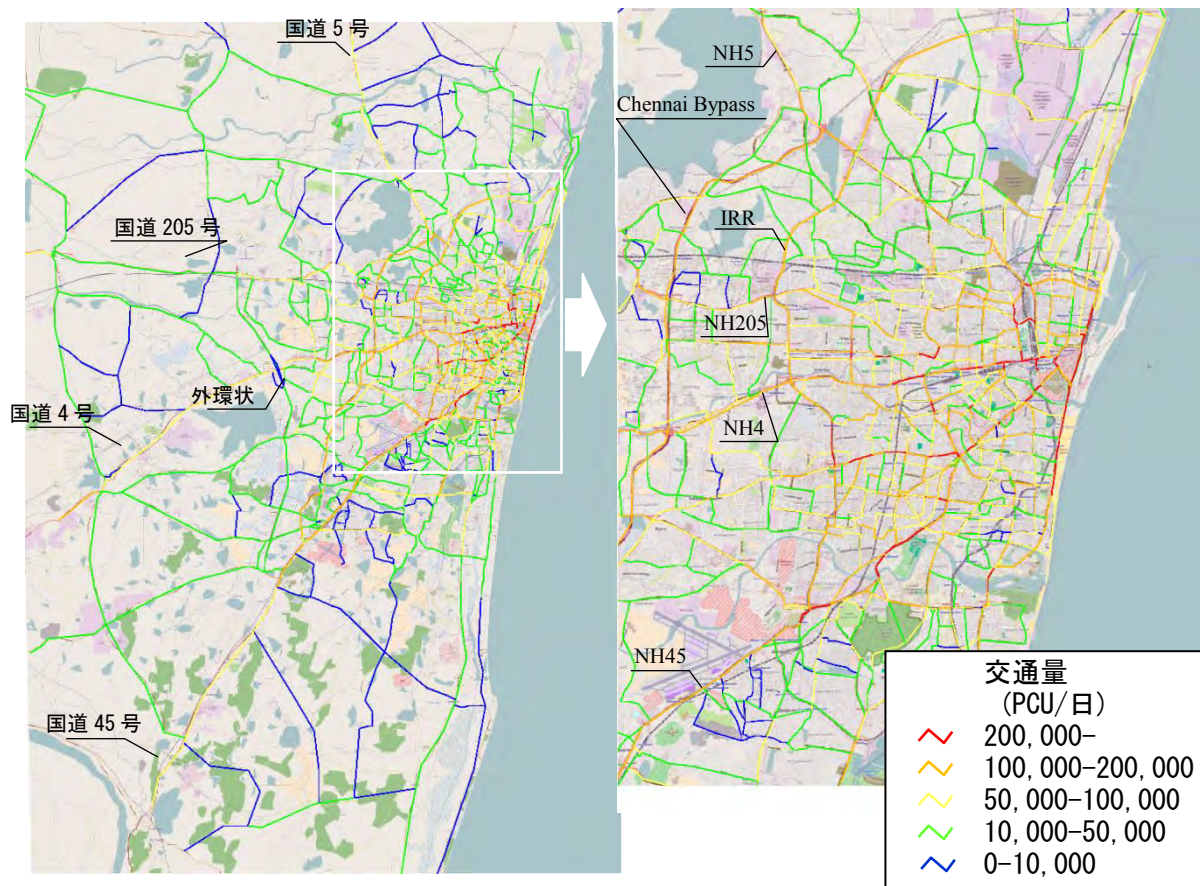


(出典：JICA調査団)

図 3. 12 交通量調査結果と交通量配分結果の比較

3.5.3 現在の交通状況

現在の交通状況は、チェンナイ市内に交通が集中しており、これに伴い市内において交通混雑が発生している。特に主要幹線道路（国道5号、国道205号、国道4号、国道45号、内環状道路、チェンナイバイパス）において交通量が多くなっている。



(出典：JICA調査団)

図 3. 13 交通量配分結果

3.6 将来交通需要予測

3.6.1 将来推計年次の設定

短期（5年後の2021年）、中期（10年後の2026年）、長期（20年後の2036年）を対象として、将来交通需要予測を行った。

3.6.2 将来ODデータの作成

チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書において、経済指標（タミル・ナド州の国民所得や人口伸び率）を用いた交通需要（2輪車、オートリキシャ、乗用車、バス、LCV、トラック、MAV）の予測を実施している。最も起こり得るシナリオの交通需要の5年間の伸び率は表 3.14 に示すとおりであり、これを用いて将来ODデータを作成した。現況（2016年）に対する将来推計年次の交通需要の伸び率は表 3.15 に示すとおりである。

表 3.14 既往検討による将来交通需要の伸び率

対象年	2輪車	オートリキシャ	乗用車	バス	LCV	トラック	MAV
2013-2018	9.37%	5.34%	9.14%	5.55%	13.10%	7.33%	6.22%
2018-2023	8.43%	5.00%	8.22%	5.00%	11.79%	6.59%	5.60%
2023-2028	7.59%	5.00%	7.40%	5.00%	10.61%	5.93%	5.04%
2028-2033	6.83%	3.89%	6.66%	4.05%	9.55%	5.34%	4.53%
2033-2038	6.15%	3.50%	5.99%	3.64%	8.59%	4.81%	4.08%
2038-2043	5.53%	3.15%	5.39%	3.28%	7.73%	4.33%	3.67%

（出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書を基にJICA調査団が作成）

表 3. 15 現況（2016年）に対する将来推計年次の交通需要の伸び率

	対象年	2輪車	オート リキシャ	乗用車	バス	LCV	トラック	MAV
短期	2021	8.8%	5.1%	8.6%	5.2%	12.3%	6.9%	5.8%
中期	2026	16.7%	10.1%	16.3%	10.2%	23.4%	13.1%	11.1%
長期	2036	30.3%	18.1%	29.5%	18.5%	42.3%	23.7%	20.1%

(出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書を基に J I C A 調査団が作成)

チェンナイ総合交通計画において、2026年次における分担率の目標値が設定されているため、これに従って将来推計年次の分担率を設定した。表 3. 16 に将来推計年次の分担率を示す。短期（2021年）は、チェンナイ総合交通計画の2026年と現況（2016年）の分担率を用いた直線回帰により設定した。中期（2026年）は、チェンナイ総合交通計画の目標値をそのまま適用した。長期（2036年）は中期の分担率がそのまま推移すると仮定した。

表 3. 17 に将来推計年次のモード別トリップ数（貨物車以外）を、表 3. 18 に貨物車の将来推計年次のモード別台数を示す。

表 3. 16 将来推計年次の分担率の設定

交通機関 ^{※1}	短期	中期	長期	現況	チェンナイ総合 交通計画 ^{※2}
	2021年	2026年	2036年	2016年	2026年
公共交通	62%	70%	70%	41.6%	70%
タクシー、リ キシャなど	6%	8%	8%	3.6%	8%
自家用車	32%	22%	22%	54.9%	22%

※1 上記は非動力輸送を除く

※2 公共交通の分担率70%を達成する条件として、都市内鉄道、メトロ、モノレール、LRT、BRTといった公共交通機関が計画どおり確実に整備される必要がある。これらに加え、ハード面ではバス停や鉄道駅等の交通結節点における駐車場、乗換施設、情報提供施設等が整備されることが重要である。また、ソフト面では共通カードの導入による利用者の利便性の向上やバスを含む公共交通機関の定時性の確保が重要となる。加えて、市民の主な移動手段である市バスについては老朽化した車両の入れ替え等による車内の快適性の向上を図ること等が挙げられる。公共交通の分担率70%の達成のためには、これらの施策が総合的に実施される必要があると考えられる。

(出典：チェンナイ総合交通計画を基に J I C A 調査団が作成)

表 3. 17 将来推計年次のモード別トリップ数（貨物車以外）

	短期 (トリップ)	中期 (トリップ)	長期 (トリップ)
二輪車	5, 978, 224	4, 408, 601	4, 815, 261
乗用車	1, 920, 524	1, 409, 162	1, 531, 090
リキシャ	1, 436, 118	2, 115, 550	2, 307, 764
バス	12, 119, 095	14, 457, 142	15, 770, 682
電車*	3, 398, 312	4, 053, 923	4, 422, 253
Σ	24, 852, 274	26, 444, 379	28, 847, 049

※電車は2008年時点（チェンナイ総合交通計画）のバス利用に対する電車利用の割合に各年のバス利用を乗じてした。

（出典：JICA調査団）

表 3. 18 将来推計年次のモード別台数（貨物車）

	LCV	Truck	MAV
短期（台／日）	180, 567	66, 795	18, 516
中期（台／日）	198, 379	70, 634	18, 959
長期（台／日）	283, 141	87, 661	23, 912

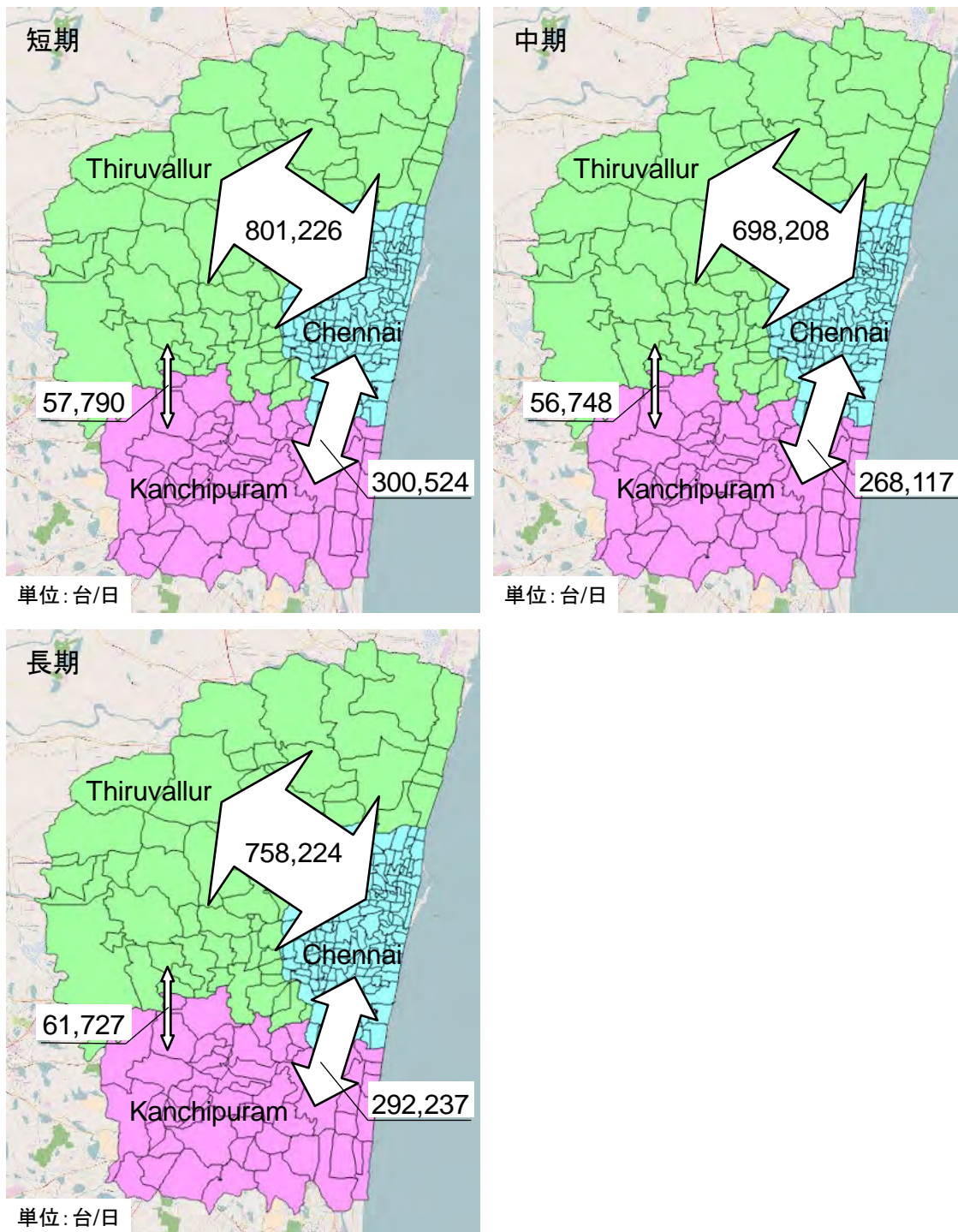
（出典：JICA調査団）

表 3. 19 に将来推計年次の発生集中交通量を示す。中期に向けて公共交通へのシフトが進むことで、発生集中交通量が減少している。長期は、トリップ数の増加に伴い発生集中交通量も増加している。図 3. 14 に将来推計年次ODの地域間OD量を示す。地域間ではChennaiとThiruvallur間のOD量が多くなっている。

表 3. 19 将来推計年次の発生集中交通量 (大ゾーン)

発生地域	集中地域	発生集中交通量 (台/日)		
		短期	中期	長期
Chennai	Chennai	3,954,681	3,258,902	3,552,773
Chennai	Kanchipuram	176,815	150,569	164,147
Chennai	Thiruvallur	557,363	464,848	505,954
Chennai	External Zone	168,177	134,908	146,072
Kanchipuram	Chennai	123,709	117,548	128,090
Kanchipuram	Kanchipuram	72,067	72,423	78,445
Kanchipuram	Thiruvallur	30,651	29,848	32,472
Kanchipuram	External Zone	33,142	26,670	28,745
Thiruvallur	Chennai	243,863	233,360	252,270
Thiruvallur	Kanchipuram	27,139	26,900	29,255
Thiruvallur	Thiruvallur	180,711	175,099	187,610
Thiruvallur	External Zone	106,268	82,614	89,013
External Zone	Chennai	58,345	53,143	56,142
External Zone	Kanchipuram	11,773	9,692	10,235
External Zone	Thiruvallur	38,644	34,125	36,046
External Zone	External Zone	15,265	13,772	14,634
Σ		5,798,613	4,884,421	5,311,903

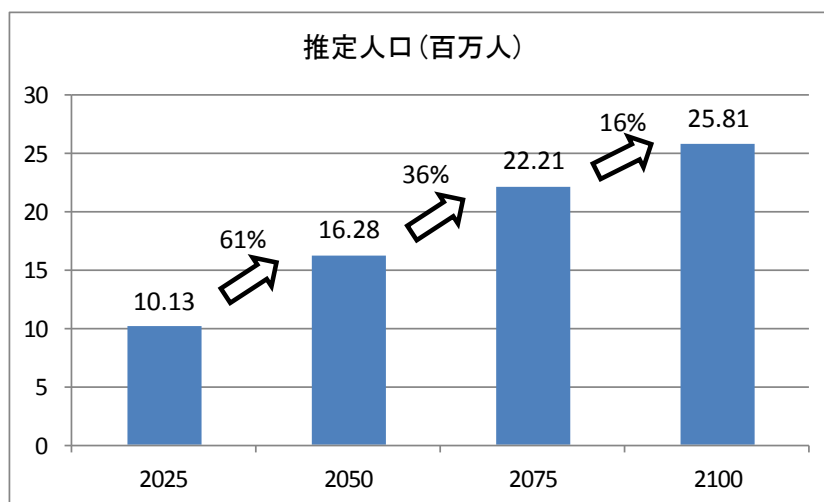
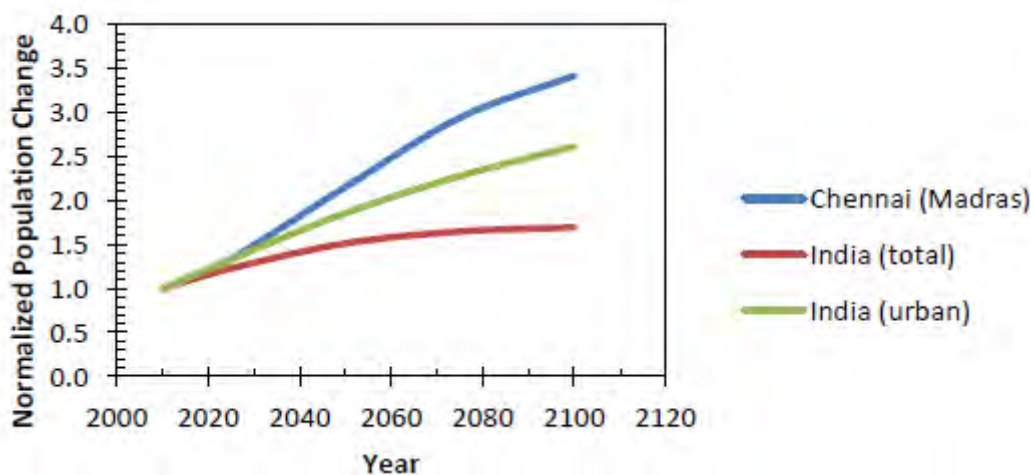
(出典：JICA調査団)



(出典：JICA調査団)

図 3. 14 将来の地域間OD量

<参考> 図 3. 15 に示すようにチェンナイ都市圏の人口はインド全体及びインドの都市部よりも増加率が高く、2010年に7.6百万人であった人口が2100年には25.8百万人と90年間に3.4倍に増加すると予測されている。したがって、今後も引き続き交通量が増加すると考えられる。

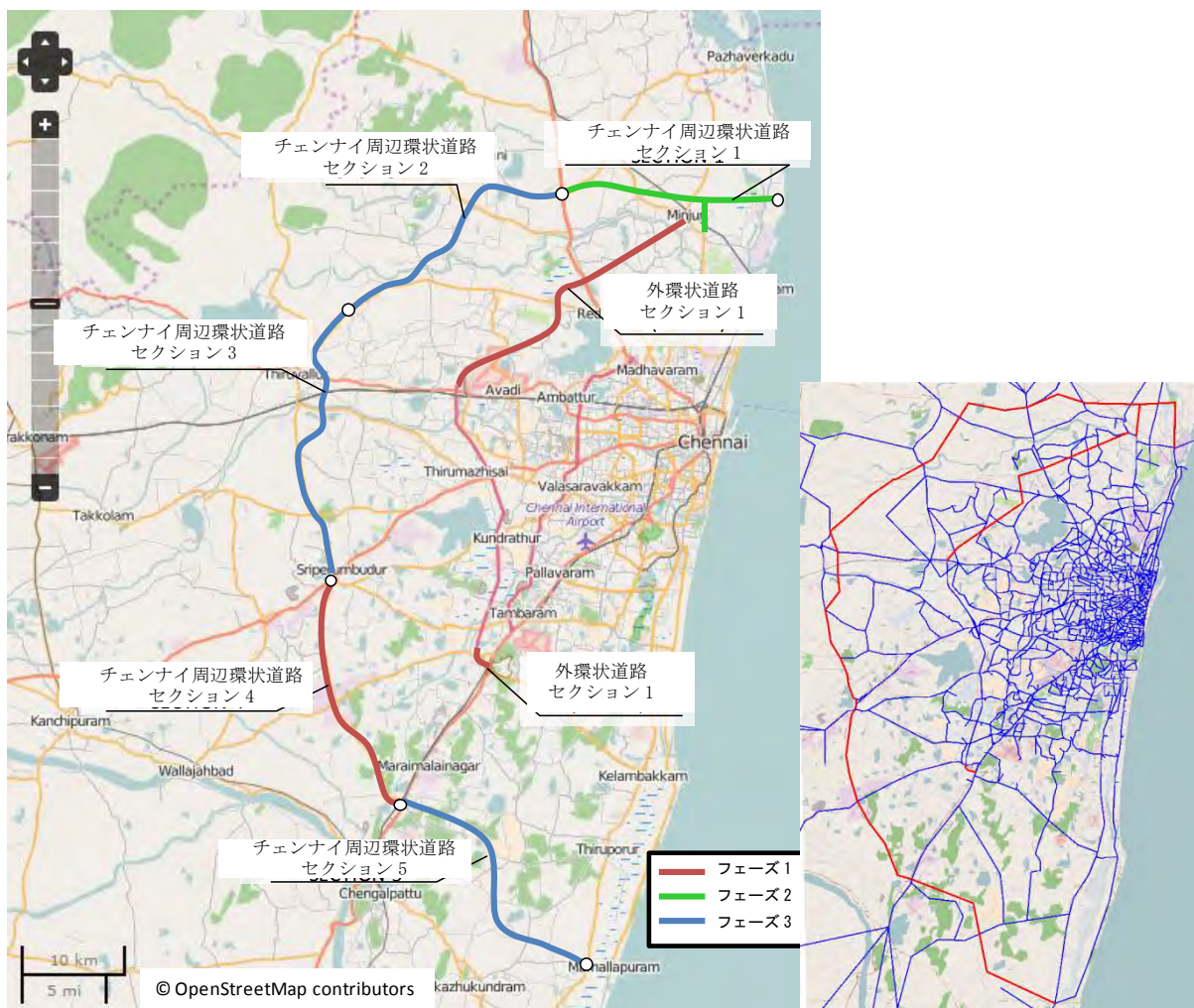


(出典: Socioeconomic Pathways and Regional Distribution of the World's 101 Largest Cities, Global Cities Institute (GCI), 2014)

図 3. 15 チェンナイの将来推定人口

3.6.3 将来ネットワークデータの作成

図 3. 16 に示すとおり外環状道路のフェーズ1、フェーズ2とチェンナイ周辺環状道路のセクション1からセクション5である。これらの道路を追加した将来ネットワークデータを作成した。各道路の供用時期は表 3. 20 に示すとおりである。



(出典：JICA調査団)

図 3. 16 将来供用予定の道路

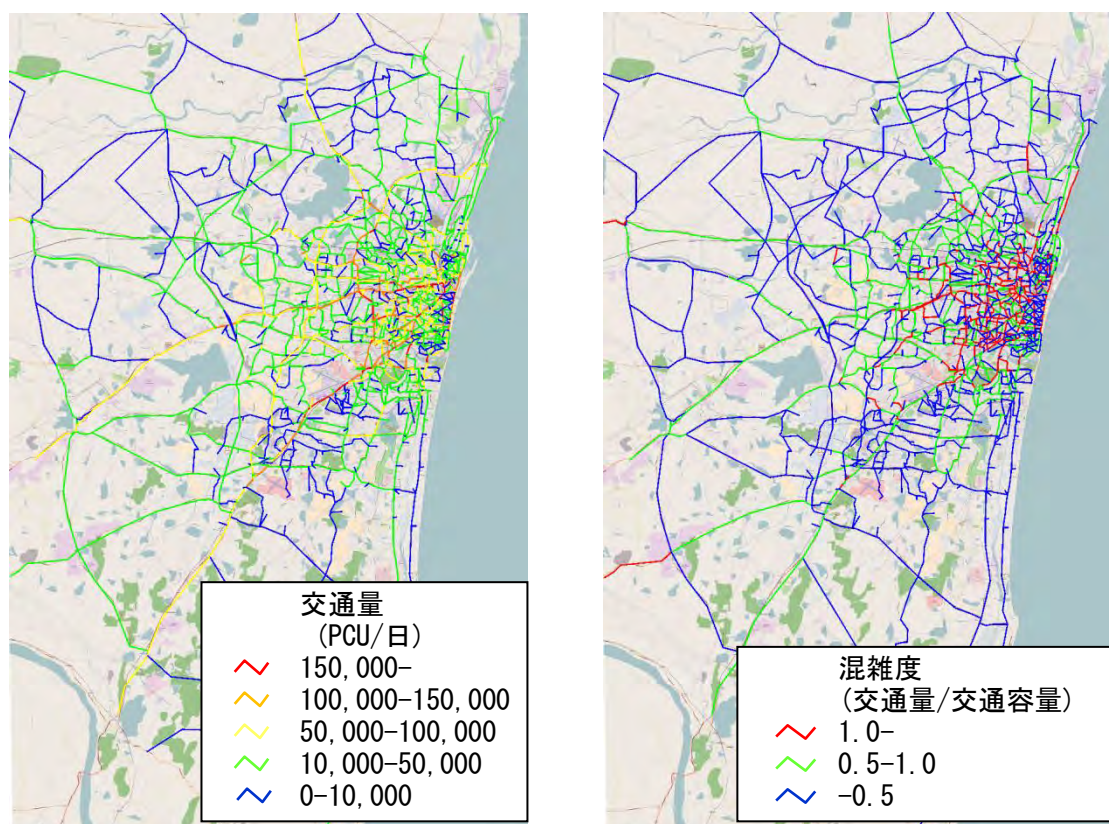
表 3. 20 対象年と供用道路

	対象年	供用道路
短期	2021	外環状道路（フェーズ1，フェーズ2）， チェンナイ周辺環状道路（セクション4）
中期	2026	チェンナイ周辺環状道路（セクション1）
長期	2036	チェンナイ周辺環状道路 （セクション2，セクション3，セクション5）

（出典：JICA調査団）

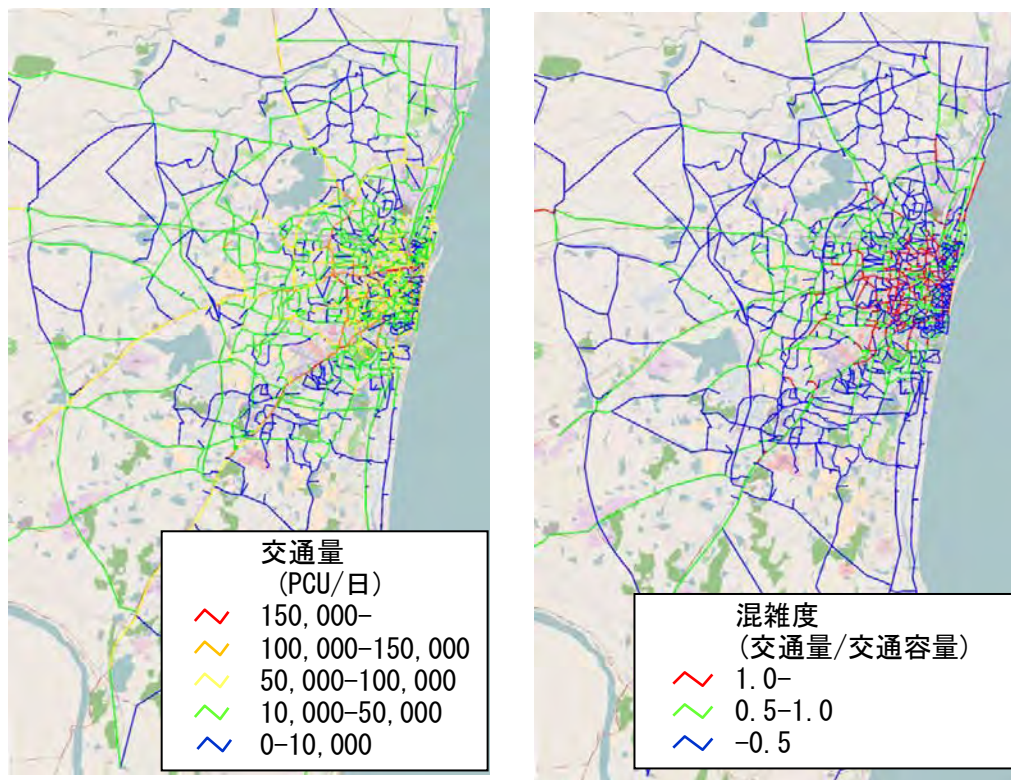
3.6.4 将来交通需要予測

短期（2021年）、中期（2026年）、長期（2036年）の将来交通量推計結果を図 3. 17 から図 3. 19 に示す。チェンナイ市内に交通が集中しており、これに伴い市内において交通混雑が発生している。



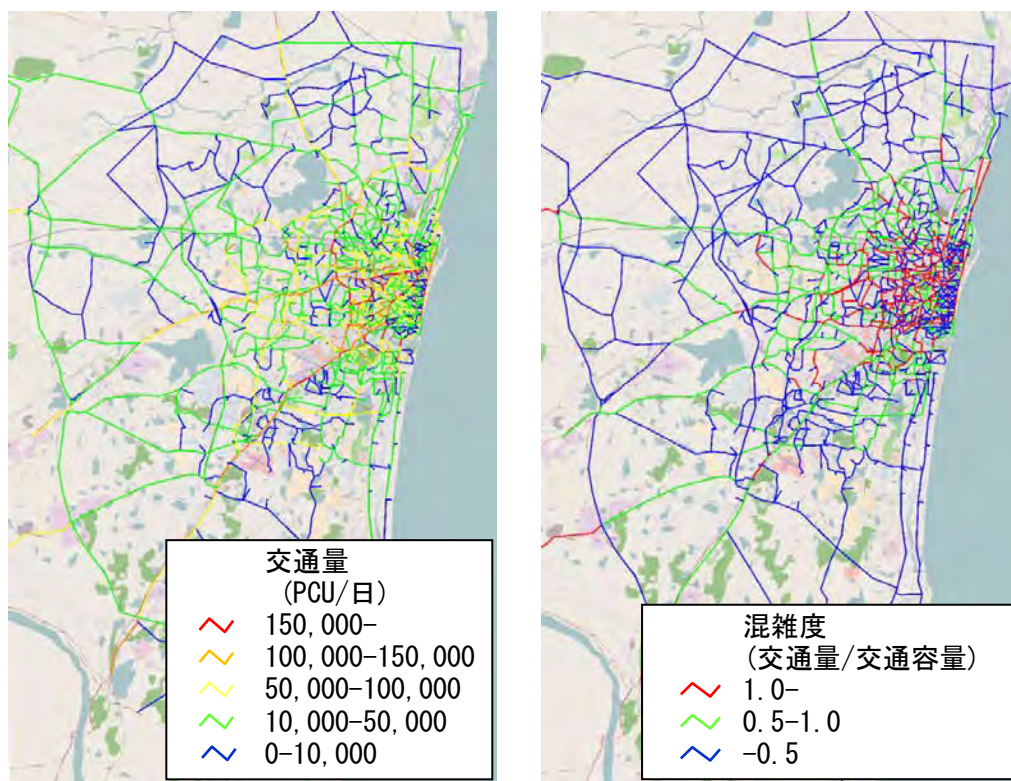
（出典：JICA調査団）

図 3. 17 将来交通量配分結果（短期：2021年）



(出典：JICA調査団)

図 3. 18 将来交通量配分結果 (中期：2026年)



(出典：JICA調査団)

図 3. 19 将来交通量配分結果 (長期：2036年)

3.6.5 将来道路交通の問題

(1) 外環状道路とチェンナイ周辺環状道路の接続の問題

図 3. 20 に示すとおり外環状道路（フェーズ2）とチェンナイ周辺環状道路（セクション1）がつながっておらず、双方ともにミンジュール村の一般道に接続する計画である。接続する場所は下の写真にあるとおり2車線道路で沿道には住宅や店舗が立ち並んでいる。ボトルネックになるとともに、人の通行が多いため交通事故増加が懸念される。



(出典：JICA調査団)

図 3. 20 外環状道路とチェンナイ周辺環状道路の接続の問題

(2) 国道 205 号と州道 57 号の交差点

図 3. 21 に示すとおりチルパルールにある国道 205 号と州道 57 号の交差点を迂回する計画である。この交差点は下の写真にあるとおりバスやトレーラーといった大型車両が通行する 4 車線道路であるが、沿道には住宅や店舗が立ち並んでおり、路上駐車車両や人だかりにより交通容量は大幅に低下している。ボトルネックになっており、交通事故増加が懸念される地点であるが、チェンナイ周辺環状道路の整備により改善しない。



(出典：JICA 調査団)

図 3. 21 国道 205 号と州道 57 号の交差点

4 チェンナイ都市圏における主な課題

JICA調査団による現場踏査、関係機関へのヒアリング、参考文献のレビュー、新聞記事等の情報収集、交通需要の予測結果など、これまでの調査に基づき、チェンナイ都市圏における課題は以下のとおり整理される。

(1) 道路交通

- 二輪車、三輪(オートリキシャ)の高い比率
- 都市化の進展に対する道路整備の遅延
- 多くの交通事故発生件数
- 大型車両の高い混入率
- チェンナイ港周辺における大型車両の恒常的な待ち行列(港への入場待ち)
- 多くの大型車両の通行によるチェンナイ郊外の農村地域住民への安全面の脅威

(2) 道路インフラ

- チェンナイ・メトロの建設工事に伴う主要幹線道路における走行車線数の減少(一時的事象)
- 市内の主要交差点における多くの複雑な立体構造(クローバーリーフ構造など、道路利用者にとって複雑な立体構造)
- いくつかの主要交差点における立体交差の未整備
- 損傷した舗装や排水施設の未整備など、道路表面の劣化を早める様々な要因
- 多くの路上駐車車両による道路空間の占有
- 路外駐車場の不足
- 降雨時の道路の冠水
- 歩道の未整備(特に主要幹線道沿いにおける歩行者空間の未整備による危険)
- 自転車道の未整備
- 一定でない道路幅員
- 歩道橋の不足
- 排水システムの未整備と不十分な維持管理

(3) 交通マナー

- 交通マナー、交通ルールの重要性に対する認識不足
- 横断歩道の有無にかかわらず幹線道路を横断する歩行者
- 車線、停止線や信号の順守の欠如

(4) 交通管理

- 車両の走行速度低下のための道路上のバリケード
- 稼働していない多くの信号機
- 視認性が十分に確保されていない信号機(高さ、設置位置等)
- 異なる有料道路事業者間で相互に利用可能な通行料金徴収のための共通カードの未存在
- 道路管理や交通管理に係る技術的知見・経験の不足

(5) 公共交通

- 異なる交通機関同士の不十分な接続性
- バス停留所の不適切な位置(交差点近傍など)
- バスの運転手及び乗客の安全性に対する認識不足
- バス停留所やバスターミナルにおけるバスの運行情報・到着時刻等の情報の未整備
- 劣悪な公共バスの車両環境
- 乗車券販売の自動化の未整備による非効率性・不便性
- チェンナイ・メトロ建設の大幅な遅延

(6) その他道路交通設備・機器・情報

- 多くの破損した沿道施設
- 交通管理・道路運営管理を支援するシステムの未整備とデータの未存在
- 限定的な道路資産管理
- 有用な道路交通データや情報の未存在
- 道路通行料金徴収システムの未整備による恒常的な渋滞

5 課題を踏まえた I T S 整備の基本方針（案）

5.1 課題解決のために必要な対策

前節で述べた課題をグループ毎に再掲する。その上で、それぞれの課題に対して必要な対策を記載する。都市交通課題に対する必要な対策は一般的に制度面、法律面、インフラ面等、複合的な要素が絡む。このため、ここでは法制度／制度、インフラ及び I T S といった 3 つの観点で整理する。

表 5.1 都市交通の課題と対策

グループ	課題	課題解決の着眼点			必要な対策
		法律／制度	インフラ	I T S	
1. 道路交通	a) 二輪車、三輪 (オートリキシャ) の高い比率	○			・車両登録の仕組みが正常に機能していないため、既存の車両及び廃車車両の台数を正確に把握できていない。車両の所有者に対し自動車税を課すなど、政府による制度的な対策が必要となる。
	b) 都市化の進展に対する 道路整備の遅延		○	○	・交差点の立体化、公共交通ネットワークの整備、公共交通間の円滑な接続の整備、道路の改修や拡幅を加速することが都市化と持続可能な成長のために必要となる。 ・有用な道路／交通情報を提供することで、ピーク時間帯の回避、ルート選定等、道路利用者の交通行動の変化を促す対策が重要である。その他の対策として、市内の旅行速度を改善するための交通信号の高度化、駐車場の空き状況の情報提供や、公共交通機関用の交通系共通カードを導入し、利用者の利便性を向上させモダル・シフトを促進させる施策が挙げられる。
	c) 多くの交通事故発生件数	○	○	○	・交通事故を低減させる総合的なアクションプランの作成と実施が必要である。 ・自動車専用道路、十分な幅員の歩道の整備や歩道橋を建設し、歩行者等の交通弱者と車両を分離する。

					<ul style="list-style-type: none"> ・道路線形を含むアクションプラン作成の為、事故データベースの管理と事故分析等を実施する。
	d) 大型車両の高い混入率		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・工業団地と港を直接結ぶアクセス道路、コンテナトラックターミナルを建設し、歩行者等の交通弱者と大型車両を分離し、危険を回避する。 ・動的軸重計測設備の導入により、過積載を原因とする事故を削減する。
	e) チェンナイ港周辺における大型車両の恒常的な待ち行列（港への入場待ち）		○		<ul style="list-style-type: none"> ・チェンナイ港の処理能力の向上（港湾手続きの効率性の改善、必要な設備の整備等）
	f) 多くの大型車両の通行によるチェンナイ郊外の農村地域住民への安全面の脅威		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・工業団地と港を直接結ぶアクセス道路を建設し、歩行者等の交通弱者と大型車両を分離する。 ・大型車両の走行を監視し、予定ルートからの逸脱等を警告することで規定ルートの走行を促す。
2. 道路 インフラ	a) チェンナイ・メトロの建設 工事に伴う主要幹線道路における走行車線数の減少（一時的現象）		○		<ul style="list-style-type: none"> ・チェンナイ・メトロ地下区間の建設完了後は、工事中に占用されていた道路空間が解放されることで道路容量が高まるとともに、道路交通需要がメトロへ転換されることが期待される。
	b) 市内の主要交差点における多くの複雑な立体構造		○		<ul style="list-style-type: none"> ・立体交差点を計画する際、道路利用者の混乱を回避し安全性を向上させる構造の検討が必要。大きな文字サイズ等十分な視認性を担保する明確な標識の設置が必要。
	c) いくつかの主要交差点における立体交差の未整備		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・道路利用者を混乱させない適切な構造の計画。 ・渋滞滞留長や通過に要する時間の減少等、交差点立体化の効果を把握するためのデータを収集・蓄積・分析するシステムの導入。
	d) 損傷した舗装や排水施設の未整備など、道路表面の劣化を早める様々な要因		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・高耐久性舗装の実施、走行時に音や振動が出る舗装の実施（現行、ハンプが多用されているがこれに代わる施策）、及び適切な道路排水施設の計画・整備と維持管理により道路舗装の長寿化を促す。 ・定期検査を実施し、現在の路面状況を把握すると共に、道路台帳データベースの適切な管理を行う。これにより改良工事の優先順位付けも容易になる。
	e) 多くの路上駐車車両による道路空間の占有	○		○	<ul style="list-style-type: none"> ・高額な罰金等、厳しい取締りの強化が必要。 ・路上違法駐車多発区域に監視カメラを導入し、違法駐車車両ナンバーを記録し、罰金等の取り締まり強化を支援する。
	f) 路外駐車場の不足		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・駐車場アクションプランや駐車場マスタープランなどの計画の策定

					と、公共交通機関への接続場所、商業エリア、及び自転車等への乗り換え場所における多層階の駐車場整備と歩行者専用接続通路の整備。 ・市内に存在する複数の路外駐車場の空き状況を利用者へ提供し、利便性を確保すると共に、駐車場探しの「うろつき交通」を削減し渋滞緩和を促す。
	g) 降雨時の道路の冠水	○	○	○	・危険なレベルまで冠水した場合には、通行止めなどの交通規制を実施。 ・冠水頻発地点などにおける排水設備の整備（排水用ポンプなど）。 ・道路の冠水検知設備を導入し、浸水状況の検知・危険レベル到達時の道路利用者への警告。
	h) 歩道の未整備（特に主要幹線道沿いにおける歩行者空間の未整備による危険）		○	○	・歩道の整備（樹木などの障害物が存在せず、十分な幅員が確保された空間の整備）。 ・安全な歩行ルートなどの歩行者への案内情報の提供。
	i) 自転車道の未整備		○	○	・公共交通機関や駐車場など乗り換え地点における自転車シェアステーションや自転車道の整備。 ・自転車道、自転車シェアステーションの場所及び利用可能自転車の有無といった情報の提供。相互運用カードでのシェア自転車利用料金の支払い。
	j) 一定でない道路幅員		○		・一定でない道路幅員は交通の整流化の阻害要因であると共に、事故の危険性も増加する。道路整備の他、道路幅員が変化する地点の手前での警告を促す標識を設置するなどの対策も必要となる。
	k) 歩道橋の不足		○	○	・幹線道路の横断や公共交通機関の乗り換え地点において歩道橋を整備し、歩行者の動線を確認し歩行者の安全性と快適性を向上させる。歩行者用のルート案内情報を提供し安全性と利便性を向上させる。
	l) 排水システムの未整備と不十分な維持管理		○		・流末までの包括的な排水計画と整備。（10年確率のような大雨の場合は本格的な洪水対策が別途必要） ・定期検査などの適切な管理を実施。
3. 交通マナー	a) 交通マナー、交通ルールの重要性に対する認識不足	○			・交通教育の充実化と十分な機会提供（全ての年代の道路利用者に対して実施）を通じた交通マナーの向上。自動車教習所におけるカリキュラムの改善と運転免許試験の合格水準の引き上げ。
	b) 横断歩道の有無にかかわらず幹線道路を横断する歩行者	○	○		・交通教育の充実化と十分な機会提供（全ての年代の道路利用者に対して実施）を通じた交通マナーの向上。 ・幹線道横断のための歩道橋の整備・改良。
	c) 車線、停止線や信号の順	○	○		・交通教育の充実化と十分な機会提供（全ての年代の道路利用者に対

	守の欠如				して実施)を通じた交通マナーの向上。自動車教習所におけるカリキュラムの改善と運転免許試験合格水準の引き上げ。 ・より耐久性のある区画線の整備や、より認識しやすい場所への信号と標識の移設・設置など。
4. 交通管理	a) 車両の走行速度低下のための道路上のバリケード	○	○		・速度低下のためにバリケードを設けるのではなく、交差点改良や信号改良、交通マナーの向上のための各種の施策など、もっと根本的且つ効果的な施策を実施すべきである。道路にバリケードを設けるのは危険であり、道路容量を減少させるため渋滞を招くことになる。 ・交差点改良や信号改良、道路幅員の見直しなど。
	b) 稼働していない多くの信号機	○	○		・信号改良と信号順守の徹底化：既存の信号機では時間帯によっては交通流に適合した正しい信号制御が実現できていないケースがあり、交通警察が意図的に信号機を停止させ現場の警察官が手信号で対応している場合が多々存在する。信号改良を実施すると共に、信号順守の習慣付けを促進することが重要。 ・蓄電池の設置や信号機の入替え（停電、故障を原因とする場合）
	c) 視認性が十分に確保されていない信号機（高さ、設置位置等）			○	・信号機の入替えと視認性の十分な確保可能な場所への設置。
	d) 異なる有料道路事業者間で相互に利用可能な通行料金徴収のための共通カードの未存在	○	○	○	・共通カード導入に向けた政府による中心的な役割と施策の実施（ルール作り、クリアリングハウスの設立、各道路管理者に対する共通カード導入の利点に係る認知度の促進など）。 ・共通カード用読み取り機を料金所の出入りロブースに設置。 ・共通カードが利用可能な施設情報の提供など。
	e) 道路管理や交通管理に係る技術的知見・経験の不足	○	○		・知見を蓄積するための各種の機会の提供（先進国における研修・トレーニングの実施、トレーナーの雇用など）。 ・能力向上のためのトレーニングセンターの設立。
5. 公共交通	a) 異なる交通機関同士の不十分な接続性		○	○	・駐車場、バスターミナル、メトロ及びモノレールの駅などを接続するインフラ及び歩道の整備。 ・相互運用可能な共通カードの導入。
	b) バス停留所の不適切な位置（交差点近傍など）		○		・適切な位置におけるバス停の整備、バス停における十分な乗客待機用スペースの確保、十分な路肩の確保（道路沿いのバス停）など。
	c) バスの運転手及び乗客の安全面に対する認識不足	○			・バスの運転手及び乗客に対する安全面の教育（例えば、運転手がバス停から離れた場所にバスを止めることが度々ある。乗客は乗降するために車道を歩くこととなり車にひかれる危険性がある。）

	d) バス停留所やバスターミナルにおけるバスの運行情報・到着時刻等の情報の未整備		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・バス停におけるバス運行情報板の設置。 ・バス運行管理システムをベースとするリアルタイムなバス運行情報をバス停の情報板やインターネットで乗客へ提供する。
	e) 劣悪な公共バスの車両環境		○		<ul style="list-style-type: none"> ・バスの入れ替え（多くのバスは旧式で衛生的ではなく、乗用車や二輪利用からの転換の弊害となっている面も否定できない）
	f) 乗車券販売の自動化の未整備による非効率性・不便性	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・共通カード導入に向けた政府による中心的な役割と施策の実施（ルール作り、クリアリングハウスの設立、各道路管理者に対する共通カード導入の利点に係る認知度の促進など）。 ・共通カード用読み取り機を公共交通機関の各出入口へ設置し、共通カードチャージ端末機をすべての主要な駅やバスターミナルなどに設置する。 ・相互運用可能な共通カードをベースとした料金徴収システムの導入
	g) チェンナイ・メトロ建設の大幅な遅延	○			<ul style="list-style-type: none"> ・適切な計画と組織内の技術者の育成。
6. 道路付帯施設	a) 多くの破損した沿道施設	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の道路資産の見直しと道路資産管理を行う技術者の能力向上を図るトレーニング。 ・すべての資産に対する定期調査の実施と必要な保守作業の優先順位付け。 ・道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理。
	b) 交通管理・道路運営管理を支援するシステムの未整備とデータの未存在			○	<ul style="list-style-type: none"> ・道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理。
	c) 限定的な道路資産管理			○	<ul style="list-style-type: none"> ・道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理
	d) 有用な道路交通データや情報の未存在	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・関係機関（職員等）に対する教育等（定量的な道路交通情報の重要性やリアルタイム交通情報の有用性に関する認知度の向上）。 ・定量データ収集と処理のためのセンターと路側機器の設置。 ・関係機関との必要な情報の共有と利用者に対するリアルタイム交通情報の提供。
	e) 道路通行料金徴収システムの未整備による恒常的な渋滞	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・各種の普及策の検討と実施（E T C利用者に対する割引サービスの提供など）。 ・料金所におけるE T C専用レーンの整備。 ・E T C非搭載の車両はE T C専用レーンではなく一般レーンに誘導するなどシステムを利用した適切な運営。

(出典：J I C A調査団)

5.2 ITSによる対策

前節で整理した内容からITSによる対策を抽出し、下表に整理した。

表 5.2 ITSによる対策

グループ	課題	ITSによる対策
道路交通	b) 都市化の進展に対する道路整備の遅延	有用な道路／交通情報を提供することで、ピーク時間帯の回避、ルート選定等、道路利用者の交通行動の変化を促す対策が重要である。その他の対策として、市内の旅行速度を改善するための交通信号の高度化、駐車場の空き状況の情報提供や、公共交通機関用の交通系共通カードを導入し、利用者の利便性を向上させモーダル・シフトを促進させる施策が挙げられる。
	c) 多くの交通事故発生件数	アクションプラン作成の為、事故データベースの管理と事故分析等を実施する。
	d) 大型車両の高い混入率	動的軸重計測設備の導入により、過積載を原因とする事故を削減する。
	e) チェンナイ港周辺における大型車両の恒常的な待ち行列(港への入場待ち)	チェンナイ港への入場を待つ車両の待ち行列の最後尾位置を把握し、予想待ち時間情報を事前に提供する。
	f) 郊外の農村部における多くの大型車両の通行による地域住民への安全面の脅威	大型車両の走行を監視し、予定ルートからの逸脱等を警告することで規定ルートの走行を促す。
道路インフラ	c) いくつかの主要交差点における立体交差の未整備	ITS機器を活用し、渋滞滞留長や通過に要する時間等の客観的データを収集・蓄積・分析し、交差点立体化の事前事後の効果を定量的に把握する。
	d) 損傷した舗装や排水施設の未整備など、道路表面の劣化を早める様々な要因	道路データベースを構築し、定期検査を適切に行い、路面状況等について道路管理者が正しく把握し管理する。これにより改良工事の優先順位付けも容易になる。
	e) 多くの路上駐車車両による道路空間の占有	路上違法駐車多発区域に監視カメラを導入し、違法駐車車両ナンバーを記録し、罰金等の取り締まり強化を支援する。
	f) 路外駐車場の不足	市内に存在する複数の路外駐車場の満空情報を利用者へ提供し、利便性を確保すると共に、駐車場探しの「うろつき交通」を削減し渋滞緩和を促す。
	g) 降雨時の道路の冠水	道路の冠水検知設備を導入し、浸水状況の検知・冠水発生時の道路利用者への通知(危険レベル等)

	h) 歩道の未整備（特に主要幹線道沿いにおける歩行者空間の未整備による危険）	安全な歩行ルートなどの歩行者への案内情報の提供。
	i) 自転車道の未整備	自転車道のルート、自転車シェアステーション及び利用可能自転車の有無の情報の提供。相互運用カードでのシェア自転車利用料金の支払い。
	k) 歩道橋の不足	歩行者用のルート案内情報を提供し安全性と利便性を向上させる。
交通管理	d) 異なる有料道路事業者間で相互に利用可能な通行料金徴収のための共通カードの未存在	利用者に相互利用可能な施設の情報を提供。
公共交通	a) 異なる交通機関同士の不十分な接続性	相互運用可能な共通カードの導入。
	b) バス停留所やバスターミナルにおけるバスの運行情報・到着時刻等の情報の未整備	バス運行管理システムをベースとするリアルタイムなバス運行情報をバス停やターミナルの情報板やインターネットを使って乗客に提供する。
	e) 乗車券販売の自動化の未整備による非効率性・不便性	相互運用可能な共通カードをベースとした料金徴収システムの導入。
道路付帯施設	a) 多くの破損した沿道施設	道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理。
	b) 交通管理・道路運営管理を支援するシステムの未整備とデータの未存在	道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理。
	c) 不十分な道路資産管理とそれを支援するシステム・仕組みの未整備	道路及び路側設備の台帳データベースの適切な管理。
	d) 有用な道路交通データや情報の未存在	関係機関との必要な情報の共有と利用者に対するリアルタイム交通情報の提供。
	e) 道路通行料金徴収システムの未整備による恒常的な渋滞	E T C の設置と、E T C 非搭載の車両は E T C 専用レーンではなく一般レーンに誘導するなどシステムを利用した適切な運営。

(出典：J I C A 調査団)

5.3 対策を実現するための I T S メニュー

前節で整理した対策を実現するための I T S メニューを次頁に示す表に整理する。

表 5.3 対策を実現するためのITSメニュー

課題 必要なITS	道路交通				道路インフラ								交通管理	公共交通			道路付帯施設					担当機関 / 備考
	b) ※	c)	d)	f)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	k)	d)	a)	d)	f)	a)	b)	c)	d)	e)	
1)	チェンナイ交通情報センター	●				●			●	●											●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) チェンナイ交通情報センター：都市交通情報提供のための新たな組織
2)	交通警察の交通管理センター	●						●													●	チェンナイ交通警察
3)	チェンナイ周辺環状道路の交通管制システム	●																			●	タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター) チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター：チェンナイ周辺環状道路の交通管理のための新たな組織
4)	プローブシステム	●				●															●	チェンナイ都市圏交通公社 / スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) GPSデータを市バスから収集し、市バスシステム及びチェンナイ交通情報センターで利用する。
5)	交通量計測システム	●				●															●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター))
6)	CCTV交通監視システム																				●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
7)	CCTV違反者取り締まりシステム							●														チェンナイ交通警察 違反を取り締まるためのシステムを既に整備済み。
8)	ナンバープレート認証システム		●	●				●														チェンナイ交通警察ナンバープレートの標準化が必要。タミル・ナド州交通局が供給業者の入札を実施中。
9)	冠水計測・警告システム									●											●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター) 主にCCTVカメラと可変表示板で構成された水位測定システムを地下道に設置する。
10)	可変表示板システム	●																			●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
11)	料金徴収システム (既設の料金所またはチェンナイ周辺環状道路)																				●	インド国道庁、タミル・ナド州道路公社
12)	インターネット/SMSによる情報提供システム	●							●	●	●	●	●	●							●	スマートシティー公社 (チェンナイ交通情報センター)、タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター)
13)	エリア交通信号制御システム	●																				チェンナイ交通警察
14)	動的軸重計測システム (チェンナイ周辺環状道路)			●																		タミル・ナド州道路公社 (チェンナイ周辺環状道路の料金所) 主に動的軸重計測、静的横圧測定、CCTVカメラでシステムを構成
15)	事故データ管理システム		●																		●	チェンナイ交通警察、タミル・ナド州交通局 事故情報データベースは既に整備済み。
16)	市バス管理センター	●								●					●						●	チェンナイ都市圏交通公社
17)	市バス運行管理システム	●								●					●						●	チェンナイ都市圏交通公社
18)	市バス情報提供システム	●								●					●							チェンナイ都市圏交通公社
19)	市バス運賃支払いシステム	●												●		●						チェンナイ都市圏交通公社
20)	クリアリングハウスと相互運用カード	●							●			●	●	●		●						メトロ (チェンナイ・メトロ公社) 及び関係組織 (チェンナイ都市圏交通公社、都市内鉄道)

2 1)	駐車場管理システム	●							●													チェンナイ市、チェンナイ・メトロ公社 路外駐車場の所有者がシステムを管理。
2 2)	道路台帳データベース						●											●	●	●		チェンナイ市、インド国道庁、タミル・ナド州高速道路・港湾局、タミル・ナド州道路公社 道路台帳データベースは既に道路管理者によって整備済み。
2 3)	歩道／自転車道情報提供システム										●	●	●									チェンナイ市
2 4)	自転車シェアシステム											●										チェンナイ市
2 5)	商用車両運行管理システム				●																	民間により実施される性質のもの。

※「表5. 2 ITSによる対策」の課題項目に対応

(出典：JICA調査団)

5.4 ITSの段階的整備方針

前節までに特定された導入すべきITSには、短期間で整備が可能なものもあれば、長期の期間を要するものもある。例えば、都市内ITSの導入は多くの場合、大規模なインフラの整備を必要としないため、比較的短期間に整備が可能である。一方、チェンナイ周辺環状道路のITSなどは、機器の整備の前提として環状道路がある程度以上整備されている必要があり、このため整備には時間を要する。また、ITSは情報技術を基本とするが、情報技術の進歩は日進月歩である。

これらを考慮し、チェンナイにおけるITSの整備は下表に示すとおり、3段階に分けた5年ごとの段階的な整備方針とすることを推奨する。

表 5.4 段階的な整備方針

段階	期間	整備方針
短期	2017 - 2021 (1-5年目)	既存のITS機器のより有効的な活用 短期で導入可能なITSの整備 上記で導入したITSの運用の開始 比較的長期な整備期間を要するITSの整備の開始
中期	2022 - 2026 (6-10年目)	短期で実施したITSの拡張と更新(必要に応じて) 短期で整備を開始したITSの運用の開始
長期	2027 - (10年目以降)	新たな技術を活用したシステムの更新や導入、機能の拡張

(出典：JICA調査団)

- 短期

車両登録情報と標準化された車両のナンバープレートはITSを実施する上で、重要な要素である。この期間では、ITSの機能を最大限発現させるべく、車両登録制度の改善と車両のナンバープレートの標準化の実施が強く推奨される。

また、既存のITS設備として、いくつかの情報表示板(多色仕様)やCCTVが市内の道路上に設置されているが、これらを有効に活用できている状況であるとは言いがたい。従って、本期間ではこうした機器を有効に活用する上での障壁となっている要素を改善し、より効果的なITSの運用を可能とするための基礎的な仕組みを整えることに注力することが推奨される。

またチェンナイ都市圏においては、この期間中に以下の整備が実施されるものと期待される。

(1) 外環状道路が全線供用される (フェーズ2)、(2) チェンナイ・メトロ (フェーズ1) が全線供用される。(これにより市内の中心的な路線である国道45号及び国道4号沿いの地下区間が供用されるとともに、この区間の工事のために現在占有されている道路上のスペースが解放される。)(3) 市バス事業者によるバスの運行管理システムや乗客への情報提供など様々なITSサービスが開始される。(4) エンノール港におけるコンテナ・ターミナルの稼働が開始され、チェンナイ港との間で取扱いコンテナ量の分散が図られる。これによりチェンナイ港周辺における大型車両の渋滞が分散されることが期待される。

- 中期

この期間中は次の整備が実施されると期待される。(1) チェンナイ周辺環状道路のセクション1 (国道5号～エンノール港区間) の供用開始。本区間の完成によりエンノール港へのアクセスが大幅に改善させることが見込まれる。(2) 外環状道路とチェンナイ周辺環状道路を結ぶバイパスの共用開始。ミンジュールの農村地域を走り抜ける大型車両との事故に住民が巻き込まれる危険性が減少する。(3) メトロの延伸 (フェーズ2)、(4) 都市内鉄道の延伸、(5) モノレールの供用開始。様々な公共交通機関が供用されることにより接続性と効率性の向上が図られる(6) その他交差点の立体化や高架道路の整備など。これらの道路交通インフラ整備の進展に沿って、短期にて整備したITSを拡張する。

- 長期

2016年現在においては存在しないような多くの新たな技術が出現し、利用可能となることが予想される。都市化のさらなる進展と、主要な道路網・公共交通網の整備改善により、交通状況も現在とは大きく異なった状況に変化していることが予想される。このため、導入済みのシステムの見直しを行うとともに、新たな技術の活用を考慮した機能の拡張や新たなシステムの導入を行うことが必要となる。

5.5 段階毎の I T S

これまでの検討に基づき、推奨される I T S を実施期間毎に下表に示す。既に導入済みの I T S や通常は民間セクターによって整備されるものは除外している。

表 5.5 実施期間毎に推奨される I T S

	I T S	目的・機能	現状と必要事項
短期	1) チェンナイ交通情報センター	定量的な交通データを収集、処理、蓄積し、動的な交通情報を生成する。生成した交通情報を道路利用者や関係機関に提供するとともに蓄積された定量的な交通データを計画等に活用する。	未存在 チェンナイ交通情報センターはチェンナイにおける I T S のキーとなる重要なコンポーネントであるため、早期に整備されることが推奨される。
	2) 交通警察の交通管理センター	交通警察の活動を支援することを目的とし、信号の高度化を図るとともに、C C T V 等による取り締まりを強化する。	交通管理センター：存在するが機能は限定的。機能の高度化が必要。 高度化された信号システム：未存在 C C T V：存在するが数は限定的
	4) プローブシステム	チェンナイ交通情報センターの主要なデータ入力限である。チェンナイ交通情報センターでは、渋滞状況や予想旅行時間等を計算し道路利用者へ提供するが、その元データとなるものである。これにより道路利用者による代替ルートを選択や通勤時間の変更などを促す。 プローブデータの主要なデータ源は市バスから得られる G P S 測位データである。	未存在（市バスのプローブデータ）
	5) 交通量計測	チェンナイの主要幹線道における交通量	未存在

システム	<p>を計測しチェンナイ交通情報センターで蓄積する。計測されたデータは道路交通管理や計画に活用する。</p> <p>チェンナイバイパスや外環状道路などでは市バスが走行していない。これらの路線については、交通量の計測に加え、同時に得られる車速データをチェンナイ交通情報センターにて、プローブデータを補完する目的で活用する。</p>	
6) CCTV交通監視システム	<p>渋滞状況は事故など、現場の交通状況を交通警察の交通管理センターにて監視する。</p>	<p>存在するが数は限定的。交差点にのみ存在する。合流地点などその他の個所にも必要。</p>
7) CCTV違反者取り締まりシステム	<p>交通警察の取り締まりを支援することを目的として交通違反車両を撮影する。</p>	<p>既に存在</p>
8) ナンバープレート認証システム	<p>交通違反車両のナンバープレートをCCTVによって撮影し、車両データベースを照会し所有者情報や車両情報（車種、年式など）を自動で特定した上で違反者に対して罰金を請求する。</p>	<p>未存在</p> <p>車両のナンバープレートが標準化される必要がある。（現在、プレートの納入業者の入札中）</p>
9) 冠水計測・警告システム	<p>市内道路地下構造部での冠水レベルを計測し、また冠水状況をCCTVを通じてチェンナイ交通情報センターにて監視する。冠水レベルが危険レベルに達する前に近傍に設置した可変情報板から道路利用者に対して警告メッセージを発する。</p>	<p>未存在</p>
10) 可変表示板システム	<p>動的な道路交通情報を道路利用者に対して提供する。</p>	<p>存在しているが、動的な情報は提供されておらず、また設置位置も適切でない。</p> <p>提供された情報に基づき、</p>

			道路利用者が迂回路などの選択の判断をできる個所に適切に設置される必要がある。
1 1) 料金徴収システム (既設の料金所)	料金所における処理能力の向上のためにRFID方式に基づいて道路料金徴収を自動化する。		チェンナイバイパスにのみ存在(但し、利用者は限られている)
1 2) インターネット/SMSによる情報提供システム	インターネットやSMSなどの媒体を通じて、道路交通情報を利用者へ提供し、迂回路の選択や渋滞時の運転を避けるなどの交通行動の変化を促す。チェンナイ交通情報センターから情報を提供する。		未存在
1 3) エリア交通信号制御システム	交通状況に応じて自動で最適な信号周期を適用し、市内の交通流の改善を図る。		未存在(既設の信号は固定周期によるもの)
1 5) 事故データ管理システム	GISに基づいた事故情報を管理するもの。事故の発生個所を地図上で表示したり、原因別に統計をとったりして、事故の原因分析や必要な対策の検討などに活用する。		存在 世銀の支援によって交通局が整備した。主に交通警察によって利用されている。
1 6) 市バス管理センター	市バスを管理するもの。管理センターと運転手との間で無線媒体を通じて会話したり、バスから得られるプローブデータや市バス運賃支払いシステムなどから得られるデータをビッグデータとして利活用したりする。		未存在 (2009年にパイロット事業として一旦は実施されたが運用コストなどの問題により頓挫した。)
1 7) 市バス運行管理システム	市バスの運行を管理するもの。バスの走行位置や到着時刻などを監視し、本来走行すべき経路を運行しているかなどを確認し、バスの運行サービスの向上を図る。		上記に同じ

<p>18) 市バス情報提供システム</p>	<p>市バスの運行情報や到着時刻をバス停やバスターミナルなどにおける情報板などの媒体を通じて乗客に情報を提供する。これによって乗客は事前に状況を把握することが可能となる。</p>	<p>上記に同じ</p>
<p>19) 市バス運賃支払いシステム</p>	<p>現金及びスマートカードでバスの運賃を支払うシステム。特にスマートカードを導入することによって以下を実現する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 運賃の徴収漏れを防ぐ ・ オフピーク時やお年寄り或いは子供などに対する割引の適用など柔軟な料金設定を可能とする。 ・ 個々の乗客の料金支払い履歴からパーソントリップ情報などのビッグデータを活用し、バス路線計画などに役立てる。 	<p>スマートカードによる支払い：未存在</p> <p>ハンディータイプの端末による現金払いのみ存在。</p>
<p>20) クリアリングハウスと相互運用カード</p>	<p>メトロやバス、異なる道路事業者間等で共通的に使用可能な交通系共通カードと決済システム。単一カードでの支払いを可能とし、また料金チケット購入待ち必要性をなくし、利用者の利便性の向上を図る。</p>	<p>未存在</p> <p>チェンナイ統合都市圏交通委員会の配下に「Common Mobility Card」ワーキンググループが設置され、導入に向けて検討が始まった。</p> <p>メトロの決済システムにクリアリングハウスを既に整備済み。</p>
<p>22) 道路台帳データベース</p>	<p>幅員、延長、建設年月、維持管理記録、付帯設備情報などの道路情報を記録・管理し、道路管理に役立てる。こうした情報を管理し、維持管理計画や整備の優先順位付けなどに活用する。</p>	<p>存在する</p> <p>道路管理者によって既に導入済み</p>
<p>25) 商用車両運行管理システム</p>	<p>車両に設置されたGPSより緯度経度情報を取得し車両の走行を管理し、物流管理の向上に役立てる。</p>	<p>存在する</p> <p>このシステムは私企業によって導入される</p>

監査	3) チェンナイ周辺環状道路の交通管制システム	チェンナイ周辺環状道路の交通は沿道の機器によって監視され、道路交通情報は可変表示板やインターネット等のメディアによって利用者に提供される。安全とサービス水準の維持のために、そのシステムはチェンナイ周辺環状道路の交通管理を助ける。	未存在
	1 1) チェンナイ周辺環状道路の料金徴収システム	専用レーンにおいて ETC を搭載した車両は通行料金が自動的に集金されるため、停止する必要が無い。このシステムは通行料金の管理に役立つ。	未存在
	1 4) 動的軸重計測システム	大型車両は過積載取り締まり強化のため、チェンナイ周辺環状道路セクション 1 の料金所で重量を測定される。	未存在
	2 1) 駐車場管理システム	このシステムは駐車上の車両の出入りを監視し、駐車料金を収集・管理、そして駐車情報を利用者に提供する。市内のいくつかの駐車場の空車情報は可変表示板あるいはインターネットを通じて提供される。このシステムは管理者の駐車場運営及び利用者の利便性向上への貢献に役立つ。	未存在 駐車場開発計画と建設 インターモーダルハブにおける駐車場と交通系共通カードが効率性のために必要とされる。
	2 3) 歩道／自転車道情報提供システム	歩道と自転車道の位置はインターネットもしくは携帯アプリケーションによって情報提供される。	未存在 このシステムは一般的に民間セクターによって開発される。 歩道と自転車道がまず整備される必要がある。

	24) 自転車シェアシステム	このシステムは自転車シェアリングの管理を助ける。それは主に駅近くのステーションで自転車利用の終点を記録するシステムと自転車使用のための交通系共通カードを用いた決済システムから成る。	未存在 立地を含む自転車シェアリングシステムがまず計画される必要がある。 交通系共通カードがまず導入される必要がある。
--	----------------	--	---

(出典：JICA調査団)

5.6 概略検討対象のITSコンポーネント

本調査で実施する概略検討のITSコンポーネントを前節に示した中から絞り込む。絞り込みにあたっては、以下の表に示した内容に該当するものを除外した。

表 5.6 概略検討から除外するITSコンポーネント及び理由

理由		該当コンポーネント
1.	チェンナイにすでに導入されているもの	7) CCTV 違反車両取り締まりシステム 11) 既存料金所の料金徴収システム 15) 事故データ管理システム 22) 道路台帳データベース 25) 商用車両運行管理システム
2.	基本計画又は詳細調査を必要とするもの	20) クリアリングハウスと相互運用カード 21) 駐車場管理システム
3.	ITSの設置にあたりインフラ整備を必要とするもの 注(*1)	21) 駐車場管理システム 23) 歩道自転車道情報提供システム 24) 自転車シェアシステム
4.	インド側によって既に準備が進行中のもの	8) ナンバープレート認証システム (入札準備中)
5.	一般的に民間セクターが整備するもの	25) 商用車両運行管理システム 11) 既存料金所の料金徴収システム

(出典：JICA調査団)

注 (*1)： チェンナイ周辺環状道路のITSはまず道路建設という大規模なインフラ開発を必要とするが、チェンナイにおける交通流を大幅に改善することが期待されることから、対象とする。

概略検討対象のITSコンポーネントは以下となる。

<短期>

- 1) チェンナイ交通情報センター
- 2) 交通警察の交通管理センター
- 4) プローブシステム
- 5) 交通量計測システム
- 6) CCTV交通監視システム
- 9) 冠水計測・警告システム
- 10) 可変表示板システム
- 12) インターネット／SMSによる情報提供システム
- 13) エリア交通信号制御システム
- 16) 市バス管理センター
- 17) 市バス運行管理システム
- 18) 市バス情報提供システム
- 19) 市バス運賃支払システム

<中期>



- 3) チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター
- 11) チェンナイ周辺環状道路の料金徴収システム
- 14) チェンナイ周辺環状道路の動的軸重計測システム

5.7 I T S の実施スケジュール (案)

選定された I T S の実施スケジュール案を次ページに示す。

表 5.7 提案される実施スケジュール

ITSと主要なイベントの技術的な必要条件		短期					中期					長期	備考	
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027		
ナンバープレートの標準化		<small>(既存のナンバーを交換するのに必要な期間)</small>											標準化されたナンバープレートのベンダー選定が進行中	
クリアリングハウスと交通系共通カード														
チェンナイ周辺環状道路 (セクション-1)														
外環状道路 (フェーズ-2) (全線開通)														
メトロフェーズ-1													メトロフェーズ2の建設が現在検討中	
メトロフェーズ-1 延長														
都市内鉄道フェーズ - 2 延長														
推奨されるITSコンポーネント		短期					中期					長期	備考	
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027		
短期：都市内ITS	チェンナイ交通情報センター	チェンナイ交通情報センター						(拡張)						将来的な道路ネットワークや交通状況の変化に合わせて、タクシーや商用車両からのプローブや交通計測システムの追加等を行う
		プローブシステム												
		交通量計測システム												
		CCTV 交通監視システム												
		冠水計測・警告システム												
		インターネット/SMSによる情報提供システム												
	交通管理システム (チェンナイ交通警察)	交通警察の交通管理センター												図中の茶線は既存のセンターの改修期間を示す
		可変表示板システム												
		エリア交通信号制御システム	ステージ-1:150ATSC)											エリア交通信号制御システムは2ステージで導入 -1st ステージ: 市中心部に150基設置 -2nd ステージ: エンノール港、チェンナイバイパスとシルセリに囲まれる地域で230基の設置
	市バスシステム	市バス管理センター												市バスシステムは チェンナイ交通情報システムの運用が開始される前に導入される必要がある
		市バス運行管理システム												
		市バス情報提供システム												
		市バス運賃支払いシステム												
	中期 チェンナイ周辺環状道路のITS	交通管制システム												
料金徴収システム														
動的軸重計測システム														

 :準備 (設計, 調達, 設置, など.)
 :運用

(出典: JICA調査団)

6 ITSコンポーネントの概略検討

6.1 チェンナイ交通情報センター

6.1.1 チェンナイ交通情報センターの目的とサブシステム

チェンナイ交通情報センターは以下の目的で設立される。

- 定量的なデータによるチェンナイ都市圏の交通状況の包括的な把握
- 量動的な交通情報の利用者への提供,
- 蓄積された定量的データの道路交通に係る計画や評価への活用
- 市内道路の地下構造部における浸水を避けるための利用者への警告

以下のサブシステムから構成される。

- プローブシステム
- 交通量計測システム
- 冠水計測・警告システム
- センターシステム

次節ではサブシステムについて説明する。

6.1.2 プローブシステム

(1) 目的

プローブシステムは利用者に提供する交通情報を生成すること、蓄積されたデータを交通管理や道路計画等に活用することを目的として導入される。

車両にプローブ機器を設置し、位置情報を動的に収集する。プローブ機器はGPSユニット、プロセッサユニット、通信ユニット、電力ユニットなどから構成される。

衛星が時間信号を送信し、その時間信号を地上のGPSユニットが受信する。GPSユニットは複数の衛星から信号を受信し、自身の位置を特定する。精度は10m～100mの範囲であり、高層建築が周囲に存在するような場合はその精度に影響を受ける。

プローブ機器は経度緯度情報や時間等を記録し、そのデータを定期的にセンターに送信する。センターで受信したデータを解析し、旅行時間や旅行速度を計算し、電子地図上に反映した後、渋滞情報として利用者に提供する。データは蓄積されるほど渋滞予測の精度を高めることができる。またこうした蓄積データは統計情報として計画局や道路管理者といった関連機関によって活用することも可能である。

プローブデータにより特定された渋滞のイメージを下図に示す。



(出典：インターナビプレミアムクラブ，ホンダ)

図 6.1 プローブデータの活用による渋滞ルートの特定イメージ

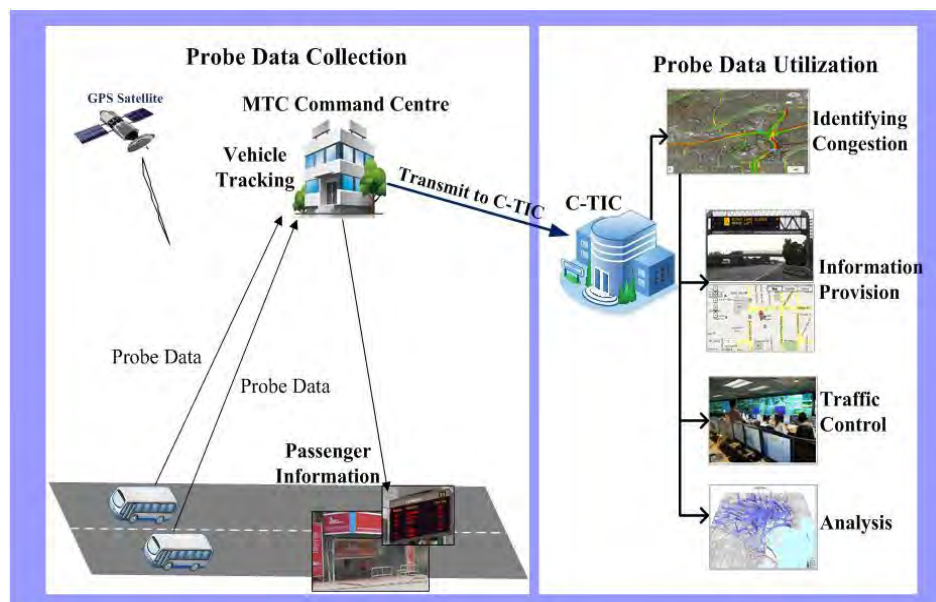
(2) バスプローブデータの活用

チェンナイ都市圏交通公社は約3800台の市バスを管理し、これらのバスはチェンナイバイパスと外環状道路を除いた幹線道路を高い頻度で運航している。現時点では、市内バスのITSシステムは導入されていない。しかし本調査において、チェンナイ都市圏交通公社は市バスのITSシステムを導入したいとの意向を持っていることが確認された。

これはチェンナイの市バス網が交通渋滞情報生成のためのデータソースとなる可能性を示している。しかしこれは、チェンナイ都市圏交通公社がシステムを導入することが前提であり、ゆえに、チェンナイ都市圏交通公社によるシステムの導入がチェンナイ交通情報センターにとって重要な要素となる。チェンナイ都市圏交通公社の市バスシステムの状況については後で説明する。

チェンナイ交通情報センターは市バス管理センターから提供されたプローブデータを活用する。プローブデータのデータソースは他にも、タクシーやオートリキシャなど将来的に拡大してゆく。

チェンナイ交通情報センターのプローブシステム全体イメージを下図に示す。



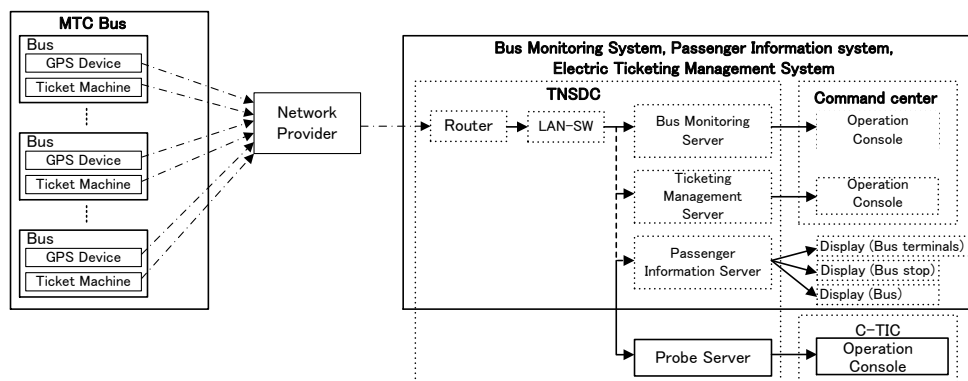
(出典：JICA調査団)

図 6. 2 チェンナイ交通情報センターのプローブシステム全体イメージ

(3) 通信システムダイアグラム

下図にプローブシステムの通信システムダイアグラムを示す。プローブデータはタミル・ナド州データセンター経由でチェンナイ都市圏交通公社からチェンナイ交通情報センターに提供される。チェンナイ都市圏交通公社とチェンナイ交通情報センターのサーバーはセキュリティや

管理の面で良好な環境を有するタミル・ナド州データセンターに設置することが推奨される。プローブデータはバスから送信され、移動体通信網を通じてチェンナイ都市圏交通公社のサーバーに送られ、LANネットワークを通じてチェンナイ交通情報センターに提供される。



(出典：JICA調査団)

図 6.3 プローブシステム通信システムダイヤグラム

6.1.3 交通量計測システム

(1) 目的

以下の理由で交通量計測システムはチェンナイ交通情報センターに導入されることが望ましい。

- ✓ 交通量計測システムは車種毎に交通量を計測する。計測されたデータはチェンナイ交通情報センターによって収集され、道路の新設や拡幅等の計画及び事業の評価等に用いられる。交通量に加えて車速や占有率も計測でき、それらのデータはサーバーに蓄積する。
- ✓ 上述した通り、交通量計測システムは車速も計測する。市バスは現在のところチェンナイバイパス、外環状道路を運行していないため、これらの道路ではプローブデータを収集できない。ゆえにこれらの道路では交通量に加え、速度データを活用することとし、バスプローブデータを補完することを推奨する。交通量と占有率もまた、計測し、チェンナイ交通情報センターに蓄積する。

(2) 交通量計測システムの種類

交通量計測システムは主に4種類の方式が存在する。：1) 超音波方式、2) ループコイル方式、3) 画像処理方式、そして4) 赤外線方式である。チェンナイでは車両が車線を守らないことや、舗装がきちんと整備されていないため、画像処理方式が推奨される。

下図にループコイル方式と画像処理方式の交通量計測システムイメージを示す。



(出典：住友電工株式会社)

図 6.4 ループコイル方式

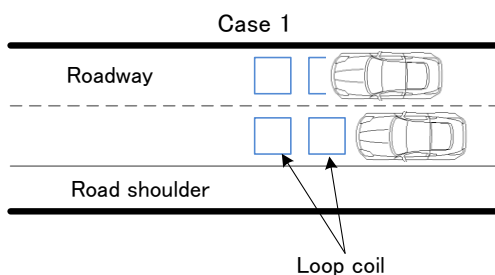


(出典：住友電工株式会社)

図 6.5 画像処理方式

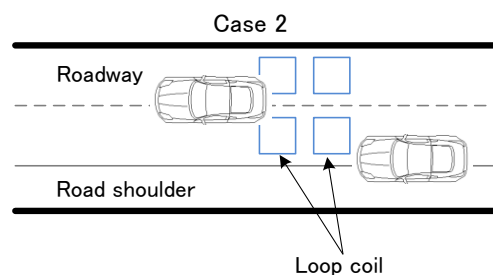
ループコイル方式は車線ごとに交通量を計測する。ゆえに車線を守らない交通状況においては精度が低下する。その上、ループコイルは道路の表面に埋めこむため、メンテナンスの際は道路の開削が必要になる。

超音波方式と赤外線方式も車線ごとに交通量を計測する。したがって、ループコイル方式と同様に車線を守らない交通状況が大きな課題となる。



(出典：JICA調査団)

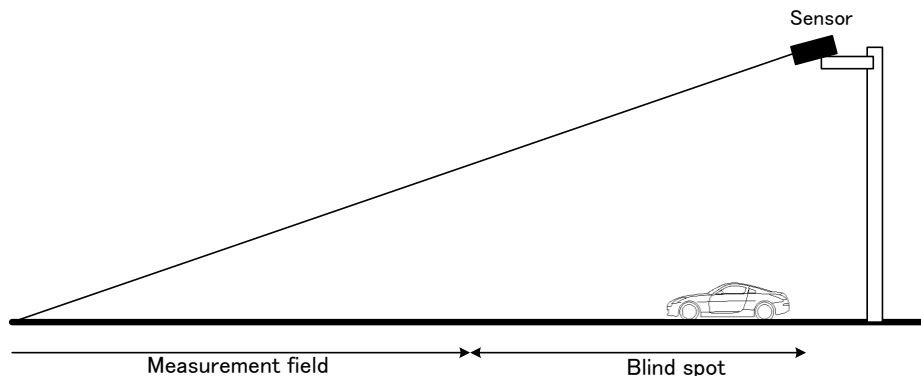
図 6.6 ループコイル方式 (ケース1)



(出典：JICA調査団)

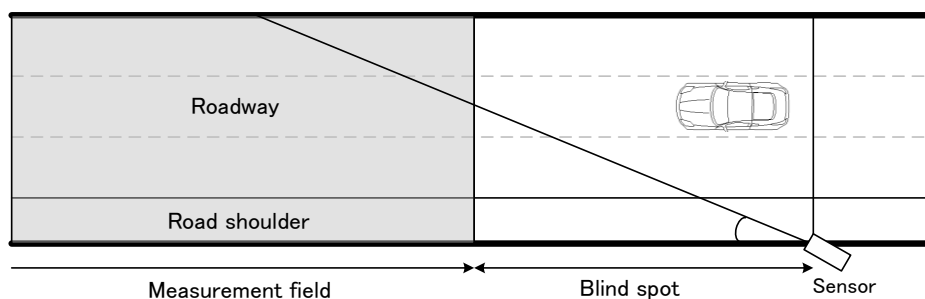
図 6.7 ループコイル方式 (ケース2)

一方で画像処理方式では車両の動きを捉え、それを処理するため1台のカメラで3～4車線を計測できる。下図に標準的な設置イメージを示す。



(出典：JICA調査団)

図 6.8 画像処理方式：標準的な設置イメージ（縦面）



(出典：JICA調査団)

図 6.9 画像処理方式：標準的な設置イメージ（平面）

一方、車線を守らない混合交通の状況下においては、二輪車を計測することはどの方式であっても技術的に難しい点、留意する必要がある。それでも、画像処理方式であれば他の方式に比べ、より高い精度が期待できる。

(3) 整備計画

交通量計測システムの導入カ所は主要道路の主な交差点間の中間地点が望ましい。主要道路には国道、州道、市道、内環状道路を含む。加えてプローブデータを補完する目的で速度を計測するために2km間隔でチェンナイバイパスと外環状道路にも導入する。一つの交通量計測機器が片方の車線を計測するため、設置箇所ごと2基ずつに導入する。

下図に交通量計測システムの導入個所を示す。



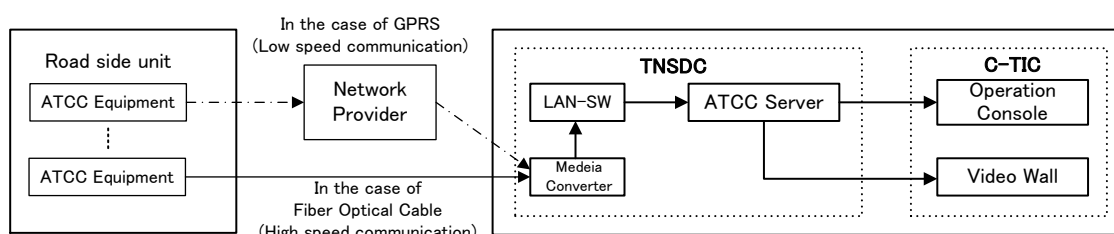
(出典：JICA調査団)

図 6. 10 交通量計測システムの導入個所

計 1 1 5 か所（2 3 0 基）が図 6. 10 で示す通り特定された。交通量計測システムの数は将来の道路新設／拡幅等の環境変化に従い増加させてもよい。

(4) 通信システムダイアグラム

交通量計測システムによって測定されたデータは移動体通信網、または光ファイバー網を通じてチェンナイ交通情報センターに送信される。光ファイバーケーブルが設置個所近傍に存在すれば光ファイバー網を使用する。存在しなければ、移動体通信網を用いる。通信システムのダイアグラムを下図に示す。



(出典：JICA 調査団)

図 6. 11 交通量計測システムの通信システムダイアグラム

6.1.4 冠水計測・警告システム

(1) 目的

チェンナイ都市圏は 2015 年 1 月から 12 月にかけての北東モンスーンによる大雨を原因として洪水に見舞われ、道路、空港を含む交通インフラが甚大な被害を受けた。このような規模の災害は頻繁に発生するわけではないが、大雨による洪水はチェンナイ市内の多くの場所で発生する。大雨の季節には市内道路の地下構造部分で冠水し、道路利用者が危険にさらされている。

ゆえに冠水計測・警告システムのチェンナイへの導入が推奨される。市内道路の地下構造部分の水位を計測し、チェンナイ交通情報センターにて専用の CCTV で状況を監視す

る。水位が危険なレベルに達した場合、手前に設置した可変情報板やその他の他の情報媒体を通じて道路利用者に対して情報を提供する。冠水計測・警告システムの目的は以下となる。

- チェンナイの中心部の市内道路の地下構造箇所での冠水の検知
- 道路利用者が冠水地点の走行を避けるための、情報提供及び警告メッセージの発信
- 道路排水設備など道路設備の改良のための測定データの活用
- 冠水情報を蓄積し道路管理者、交通警察、計画局などの関係機関に対する情報共有

注：冠水計測・警告システムの可変情報表示板と C C T V は本システム専用で使用される。

以下の図に冠水計測・警告システムのイメージを示す。

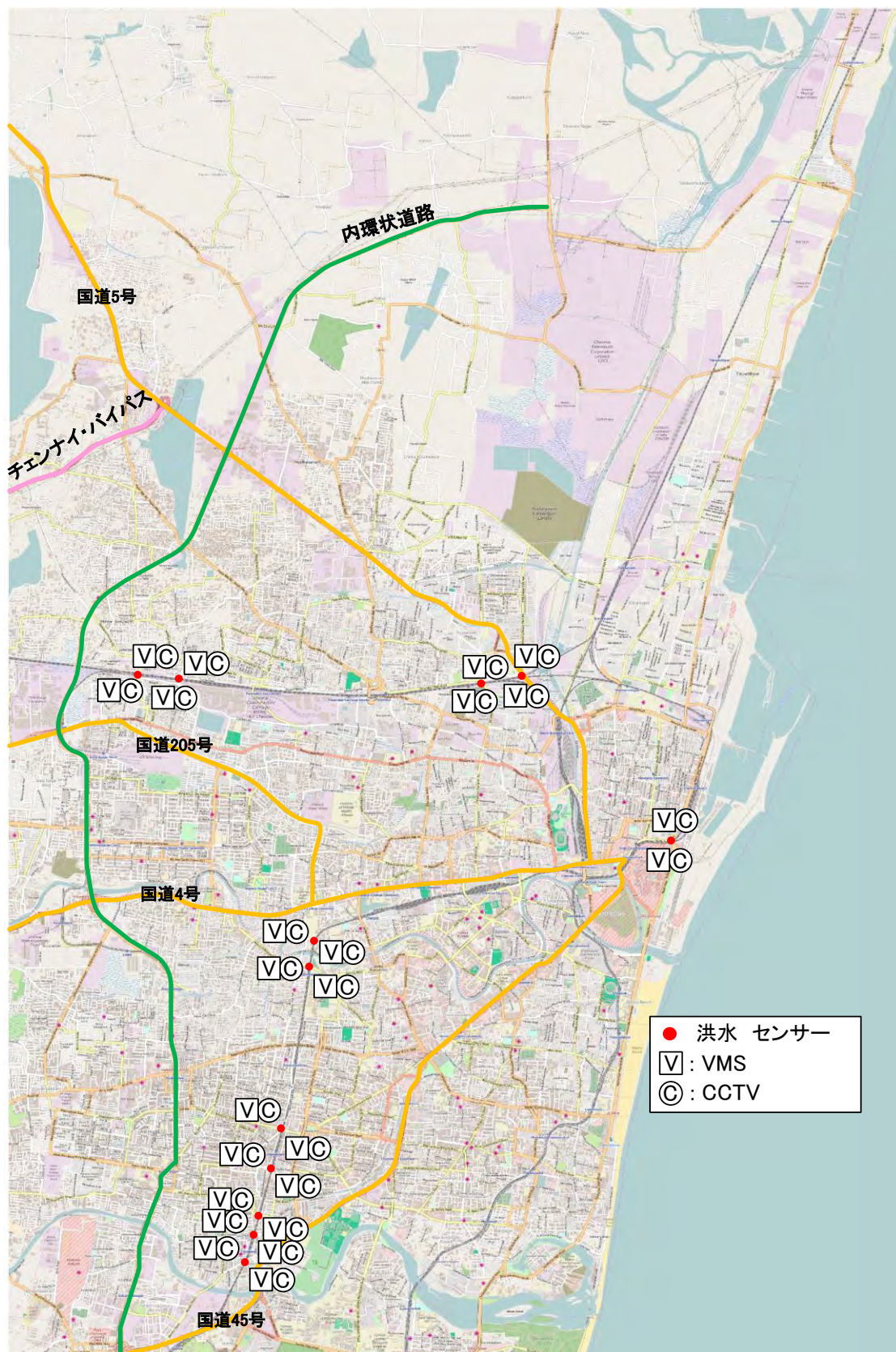


(出典：J I C A調査団)

図 6. 12 冠水計測・警告システムイメージ

(2) 整備計画

冠水計測装置、C C T V、可変情報表示板は以下の図に示すとおり、チェンナイの中心部における道路の地下構造の個所に導入する。



(出典：JICA調査団)

図 6. 13 冠水計測・警告システムの導入箇所

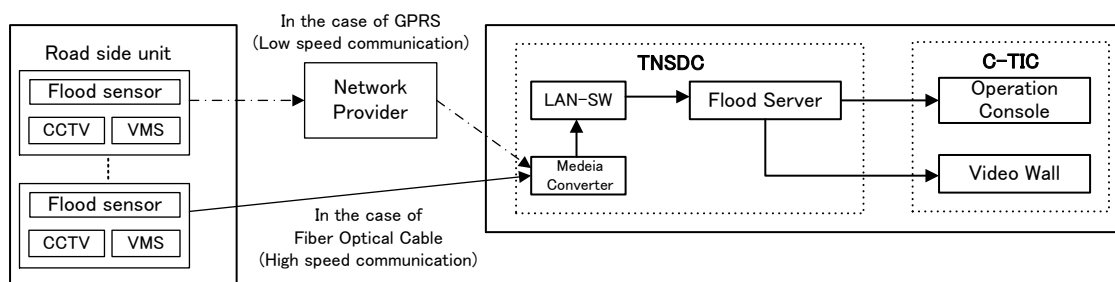
1つの路側機器は、冠水測定センサー1基、可変情報表示板とCCTVそれぞれ2基ずつから成る。可変情報表示板は道路の両側に設置され、道路の地下構造箇所に向かうドライバーに対して警告する。CCTVは可変情報表示板のポールに設置され、道路の両側から洪水の状況を監視する。

12か所（24基の可変情報表示板とCCTV）が図 6. 13 で示す通り特定された。路側機器の数は将来の道路新設／拡幅等の環境変化に従い増加させてもよい。

注：チェンナイには大雨の際、上記の図で示した個所以外にも、冠水する個所が多く存在する。しかしながら、それらの個所の多くは排水設備の未整備等、既存の道路インフラに起因する問題であると考えられ、そのような地点は上記の個所には含めていない。上記の個所はあくまでも市内道路の地下構造となっている箇所のみを挙げている。

(3) 通信システムダイアグラム

冠水データやCCTV映像、警告メッセージなどのデータは移動体通信網、または光ファイバー網を通過してチェンナイ交通情報センターに送信される。光ファイバーケーブルが設置箇所近傍に存在すれば光ファイバー網を使用する。存在しなければ、移動体通信網を用いる。通信システムのダイアグラムを図 6. 14 に示す。



（出典：JICA調査団）

図 6. 14 冠水計測・警告システムの通信システムダイアグラム

6.1.5 センターシステム (チェンナイ交通情報センター)

(1) 目的

センターシステムは、以下の目的で導入する。

- 渋滞や事故など交通に影響を与えるような交通イベント情報をリアルタイムで収集する
- 収集したデータを処理し道路利用者や道路・交通管理者にとって有効な情報に変換する
- リアルタイムで収集・処理されたデータを監視する
- 道路利用者に対して渋滞、事故、災害などに関して注意喚起を促し、迂回等必要な交通行動を取ることができるよう、情報提供する
- 処理されたデータを編集・蓄積し、効果的な計画、運営、メンテナンス、プロジェクト評価等のために活用する
- 都市内 ITS の運営を管理する
- チェンナイ交通情報センターの ITS 設備を維持管理する

(2) チェンナイ交通情報センターの機能

チェンナイ交通情報センターは交通流、交通量、冠水レベル等の測定データを以下のサブシステムから収集し、自動的に道路交通情報に加工する。

- プローブシステム
- 交通量計測システム
- 冠水計測・警告システム

道路交通情報は可変情報板、インターネット、Eメール、SMSを通じて利用者に提供される。EメールとSMSは登録者に向けて送信される。可変情報板によって交通情報を提供する権限は、交通警察の交通管理センターの可変情報板コンソールに割り当てられることが予想されることから、チェンナイ交通情報センターは処理結果を交通警察の交通管理センターに設置され

た可変情報表示板のサーバーに送信する。データはデータベースに蓄積し、統計分析などに活用されるとともに、交通／道路管理者等の関係者に共有される。

大型分割テレビスクリーンをチェンナイ交通情報センターに設置する。収集し処理されたデータを表示しオペレータが監視する。道路・交通の状況は簡易表示された道路ネットワーク上に表示される。

コールセンターもチェンナイ交通情報センターに設置する。一般市民からの問い合わせや関係機関からの情報共有に対するリクエスト等に対応する。

チェンナイ周辺環状道路のITS設備で測定されたデータと可変情報板に表示された情報は必要に応じてチェンナイ周辺環状道路への交通誘導に活用する目的でチェンナイ情報交通センターに共有される。

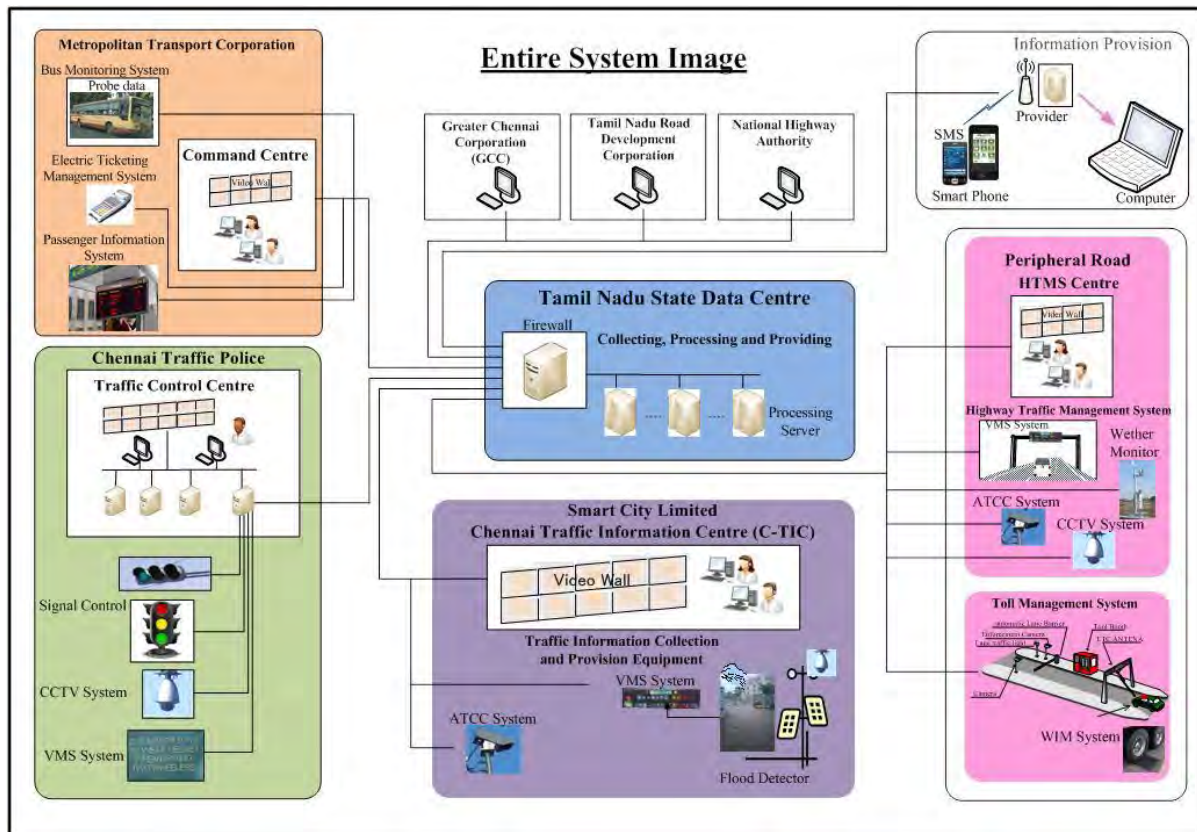
外部のセンターとの接続を下表にまとめた。

表 6.1 外部のセンターとの接続

センター	収集されるデータ	データ収集の目的
チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター	交通量と平均速度 可変表示板に表示されるイメージ	チェンナイ市内を目的地としない交通をチェンナイ周辺環状道路へ誘導する。
交通警察の交通管理センター	可変表示板に表示されるイメージ	可変表示板に表示されているイメージとチェンナイ交通情報センターによって生成された情報が一致しているかどうかの確認をする。
市バス交通管理センター	プローブデータ	渋滞情報を生成する。

(出典：JICA調査団)

チェンナイ交通情報センターの概念的な構成を以下に示す。



(出典：J I C A 調査団)

図 6. 15 チェンナイ交通情報センターの概念的な構成

(3) チェンナイ交通情報センターのコンポーネント

チェンナイ交通情報センターは以下の表に示されるコンポーネントと機能から構成される。

表 6.2 チェンナイ交通情報センターのコンポーネントと機能

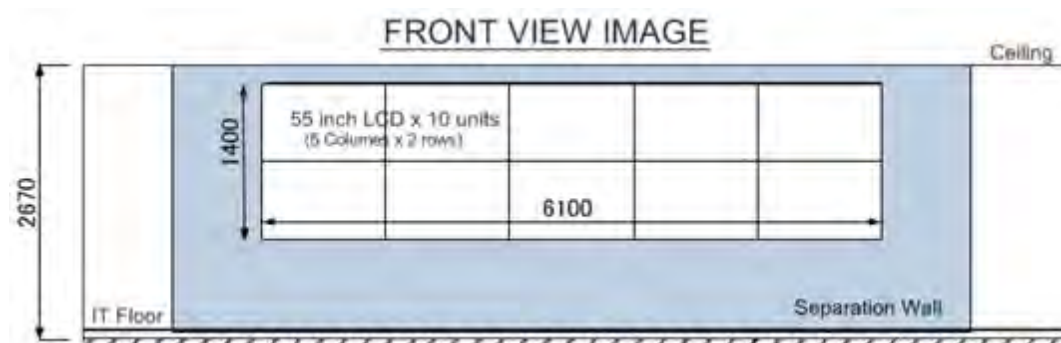
コンポーネント	機能
サーバー	データベース管理 サブシステム管理 ネットワーク管理 表示と監視 システム・パラメータ管理 他機関とのデータ交換 レポート編集と印刷
プローブシステムサーバー	プローブデータ収集 マップマッチング (*) 走行速度算出 交通状況データ生成
交通量計測システムサーバー	交通量計測システムデータ収集 交通データ分析
ウェブサーバー	インターネットによる情報提供
Eメールとメッセージサーバー	電子メールの自動発行と登録加入者へのショート・メッセージ・サービス (SMS)
大型分割テレビスクリーン	交通状況とその他様々な統計・動的情報を加えた情報を図式化された道路地図上に表示
大型分割テレビスクリーンサーバー	大型分割テレビスクリーン管理
オペレータコンソール	チェンナイ交通情報センターの様々な活動を管理するためのコンソール チェンナイ交通情報センターのサブシステムを管理するためのコンソール コールセンターを管理するためのコンソール

(出典：JICA調査団)

注 (*)：電子地図は電子形式の道路地図である。電子地図の道路網はリンクに分けられ、座標とその他の属性情報を含んでいる。システムがそれらの情報を識別できるように、情報はデジタル形式で表される。

プローブデータは緯度経度から成る位置情報と時間情報を含む。プローブ機器はこのデータを10秒間隔、1分間隔等の定期的な間隔で記録し、記録されたデータは連続的に地図上にプロットされる。しかし、10-100mの範囲で誤差を含んでいる場合が多い。ゆえにプロットされた位置を道路網上に修正する。その上で、車両が通過したルートを視覚的に道路地図上で表わす。結果として、旅行速度、到着時間等の交通状況が判定される。

大型分割テレビスクリーンはチェンナイ交通情報センターの主要なコンポーネントの一つである。大画面のモニターと関連機器を交通状況や関連する情報を表示するために導入する。センターのスタッフの間で情報を共有するために使用され、必要な対応が取られる。以下に大型分割テレビスクリーンの簡略図を示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 16 大型分割テレビスクリーン簡略図

6.2 交通警察の交通管理システム

6.2.1 エリア交通信号制御システム

(1) 現況の課題と新しい信号システムの必要性

固定周期の信号システムの機能は限定的である。チェンナイではピーク時間、週日／休日等の交通量の変化があるにもかかわらず、多くの信号が固定周期の信号である。固定周期の場合、赤時間が無駄に長くなり信号待ちの車両に遅れを生じさせるなどの悪影響を与える。これに加えて、近接する信号間での連携も行われていない。

道路密度が高く、交差点が近接する市中心部の道路網では、各交差点での停止回数を減らすことで、大きな交通量の交通を効率的に処理でき、交差点間の連携信号が大変重要となる。国道45号のような幹線道路において、朝・夕のピーク時間帯で方向別の交通量の違いが明確な交通状況では、交通量に応じて最適な信号のサイクルを適用することが非常に効果的である。

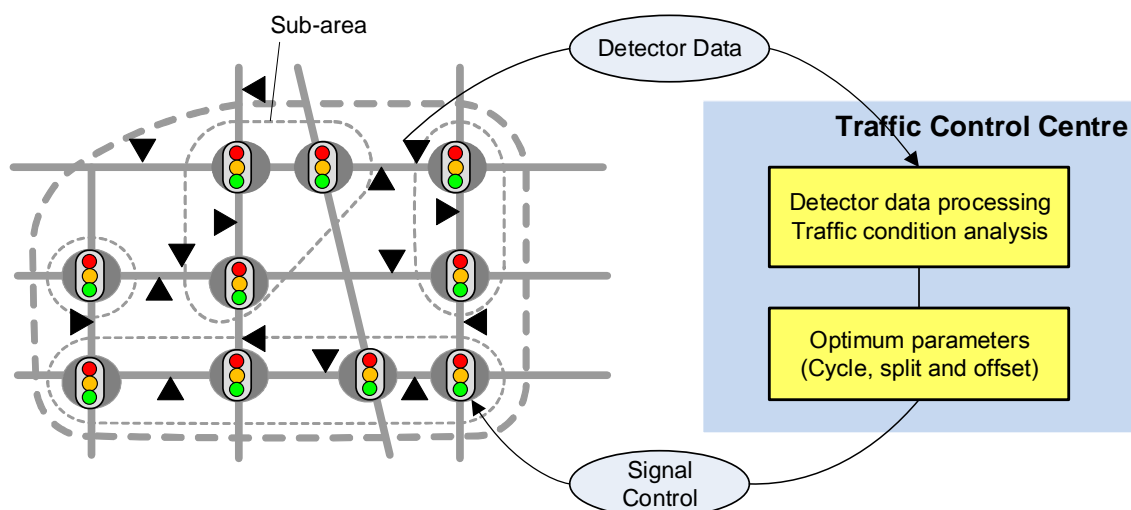
既存の信号システムは、車両の検知や、交通量、速度あるいは、方向別進入路それぞれの交通状況を示す占有率等を測定する車両検知器が存在しない。従って、交通状況の変化に対応できていない。信号制御の利点は、車両検知器によって収集された方向別進入路の交通状況に基づいて信号の周期を自動的に変更・調整可能なことである。

信号制御は、旅行時間や燃料消費の改善、及び大気汚染の削減に大きく貢献する。個々の車両の全体の交通に対する貢献度は限定的であるが、都市内を走行する全車両数を考慮すれば、相当な量となる。チェンナイの現在の交通の状況から、早期に効率的な信号システムの導入が必要であると判断される。

(2) エリア交通信号制御システム

提案したエリア交通信号制御システムは、車両検知器により収集した方向別進入路の交通状況と対象エリア内の他の信号との連携に基づき、信号周期を自動的に調整する。

交通状況のデータを収集するため、車両検知器を道路網の様々な箇所に設置する。車両検知器のデータはセンターに送られ、処理・分析される。検知されたデータに基づき、各信号のサイクルを最適にするパラメータ（サイクル長^{*1}、スプリット^{*2}とオフセット^{*3}）が決められる。各信号は、センターによりコントロールされ、信号間の連携がなされる。エリア交通信号制御システムのイメージを下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 17 エリア交通信号制御システムのイメージ

注釈（*1, 2, 3）： 交通信号には、サイクル長、スプリット、オフセットの3つのパラメータがある。サイクル長とスプリットは交通信号の現示のタイミングを決める。一方、オフセットは近接する2つの交通信号の関係を定めるものである。

サイクル長：信号表示が一巡するのに要する時間（例：青から次の青までの時間）。

スプリット：交差点での1サイクル間内での赤・青・黄の時間の割合。

オフセット：隣接する信号間での青信号開始時間の差。

a) 必要な機能

エリア交通信号制御システムは、交差点における制御器及びセンター制御によって実現されるものである。以下に詳細を記載する。

b) 交差点における制御器の機能

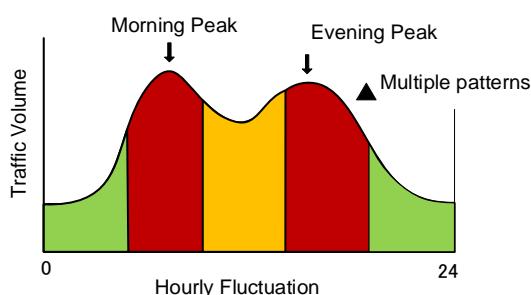
交差点における制御器には下記の機能が必要となる。

i.)時刻制御管理

時刻制御管理は、時間帯や曜日に応じて予め設定された信号タイミングを適用するものである。異なる時刻ごとにそれらに応じた信号タイミング値を事前に設定し、信号制御器及びセンターのサーバーの両方に記憶させておく。信号制御器とセンターの間で通信が途絶えた場合、信号制御器に内蔵されている時計及びカレンダーと、あらかじめ記憶させた信号タイミング設定値を元に時刻制御管理モードとして動作する。

時刻制御管理制御を実施するためには、時計とカレンダーが信号制御器に内蔵されている必要がある。時計は水晶時計又はGPS時計となり、カレンダーには祝日のタイミング設定値が機能するよう祝日を記憶させておく。

タイミング設定値は、例えば1年に一回程度、交通状況に応じて見直しをする必要がある。



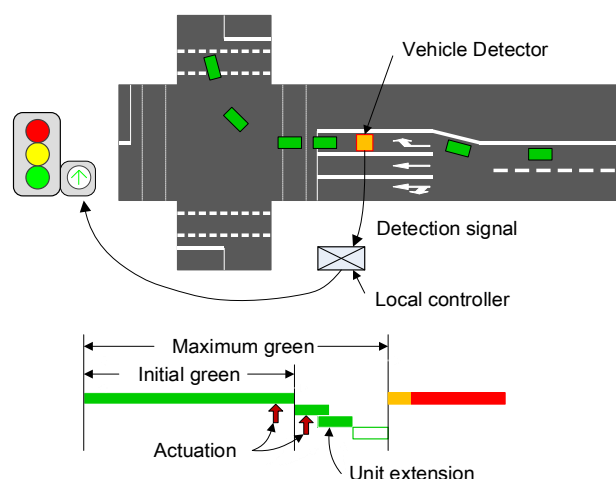
(出典：JICA調査団)

図 6. 18 時刻制御管理制御の変更イメージ

ii.)作動制御

作動制御は、信号サイクルにおけるマイクロ・レベルでの制御である。信号表示の時間は、車両の到着の有無を基に調整される。もし、信号が青表示の時に交差点へ向かってくる車両を検知した場合、青表示の時間を延ばすことにより、車両は停止することなく交差点を通過させる。一方、検知する車両が存在しない場合は、青表示の無駄を最小化するため、あらかじめ設定された表示時間よりも早く青表示を完了させる。

この制御を実現するためには、交差点の停止線手前から適切な距離に車両検知器が必要となる。右折する車両に適用された作動制御方式の例を、下記の図に示す。



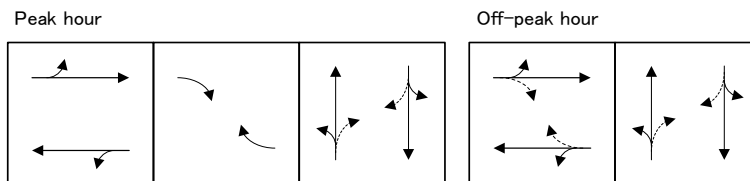
(出典：JICA調査団)

図 6.19 作動制御の例

iii.)複数の現示パターン

交通信号は青表示の現示を順次与えることにより、車両をそれぞれの方向へ誘導する。各交差点の交通特性からそれらに応じた現示パターンが決まる。交通需要の変化に対応するため、同じ交差点でも1日のうちで異なる時刻の交通特性に応じた現示パターンが必要となる。

下図は同じ交差点における異なる現示パターンの適用事例である。ピーク時間帯で右折交通が多い場合、右折専用矢印の現示を与える。一方、オフピーク時間帯で右折交通が少ないときは、右折矢印の現示を与えず、右折を可能とする。様々な交通特性に対応可能な現示表示の機能が信号制御機に実装される必要がある。



(出典：JICA調査団)

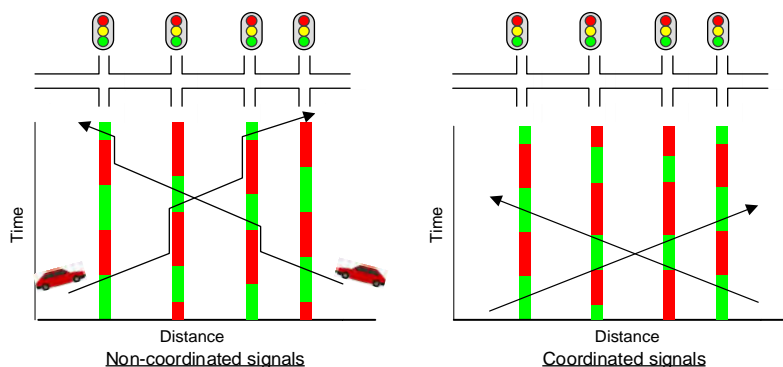
図 6. 20 同一交差点における複数の現示パターンの例

iv.)点滅表示

点滅表示も現示の一つであり、赤、或いは黄色の点滅表示を行う。交通量が少ない夜間に点滅表示を行い、点滅している間、歩行者信号は消灯した状態となる。

v.)連携信号

近傍に設置された信号は、連携することにより、車両が赤信号で停止することなく走行を可能とする（これをグリーン・ウェーブと呼ぶ）。これにより信号の待ち時間が削減される。イメージを下図に示す。グリーン・ウェーブを行うには、近傍の信号は、同じサイクルで作動する。



(出典：JICA調査団)

図 6. 21 連携信号のグリーン・ウェーブイメージ

vi.)信号作動状況の監視

不具合によって発生する危険な状況を回避するため、信号制御機の正常な動作を保証しなければならない。このため、制御機に組み込まれた診断プログラムによって信号制御機の動作を常時監視する。以下に示す監視及びフェール・セーフ機能を実装する必要がある。

青 — 青コンフリクト：交差する双方向の信号表示が同時に青表示になった場合に、コンフリクトとして異常を検知し、即座に信号を点滅表示させる。

信号の表示間隔の監視：信号の各現示の表示時間は、事前に設定された最小時間と最大時間の範囲内で表示する。もし、ある現示の表示時間が事前に設定されたものより長くなったり、短くなった場合は、3色表示の動作を停止し、点滅表示する。

c) システムレベルの機能

センターによって、サイクル長、スプリット及びオフセットを信号制御器ごとに決定し、これらによって作動するように信号制御器に指示を与える。システムレベルの信号制御は、下記の機能を含む。

i.)サブエリアの編成

センターによって交差点の信号は、信号制御のため交差点をグループ化してサブエリアに編成される。サブエリアは信号制御の最小の単位であり、交差点の大きさ、交通量、方向、信号間距離等により、一基から数基の信号制御器から成る。一つのサブエリア内の全ての信号は、同じサイクルで動作し、サブエリア内での信号間でのオフセットが可能となる。

サブエリアは、近接する二つのサブエリアの交通状況が時間帯等によって類似する場合、両サブエリアを統一して同一の制御を可能とする拡大サブエリアに編成する。反対に、交通状況が異なれば、サブエリアを分離し、各サブエリアは異なる設定値で制御される。

ii.)制御反応の時間

車両検知器により収集した交通状況のデータを基に、サイクル長、スプリット、オフセットから成る最適な設定値を信号制御器毎に、センターにて生成、又は選択する。

これらの設定値は、5分毎に見直されるが、新しい設定値による制御へと瞬時に移行すると事故を誘発する危険がある。従って、信号制御の設定値が計算されるたびに瞬時に制御が変更されることを防ぐ機能が必要となる。

iii.) オフセットの移行

現時点のオフセットから、新たに計算された異なるオフセットへ移行する場合、信号のサイクル長を短くしたり、長くすることで調整しながら同期させていく。

また、突然の信号現示表示の変更を避けるために、交差点内の全ての信号のサイクル長の調整が必要となる。

d) 車両検知器データ

i.) データの収集

車両検知器のデータは、設定された時間間隔でセンターに収集されるが、この収集方法は二つあり、いずれかの方法をとる。一つ目は、検知されたデータを継続的にセンターに送り、交通量や時間占有率をセンターにて、設定された時間間隔毎に計算する。二つ目は、設定された時間間隔まで車両検知器にてデータを蓄積し、その時間間隔の終了と同時にセンターへ蓄積データを送る。一つ目の方法は、リアルタイムでのデータの送信となり、二つ目の方法に比べ、データ量が大きくなる。一方、二つ目の方法は時刻の同期が必要となる。一つ目の方法がより適切である。その理由は、車両検知器の機能を簡素化でき、また継続的なデータの送信であってもそれほど負担はかからないためである。

ii.) 車両検知器データの処理

車両検知器からの検知データは、データ誤りチェックの後、交通量と時間占有率の計算のために処理される。データ処理の時間間隔は、交通制御の場合5分が適切である。

交通量と占有率のデータを元に検知器の個所毎に飽和度、または渋滞度を計算する。計算結果が信号制御ソフトウェアに適用され、現在の交通状況に伴った最適な信号制御パラメータ値を生成する。

これらの交通データは、蓄積または平均値に整理され、一時間毎の統計値の算出や交通状況の記録などに利用される。

iii.)車両検知器のエラーチェック機能

車両検知器のデータは、エラーチェック処理を行った後に信号制御システムに送られる。これは、誤ったデータを基に間違った信号表示が起こらないようにするためである。エラーチェックは、事前に設定された最小又は最大の閾値と、車両検知器から送られた交通量と占有率あるいはその両方の組み合わせとの比較などを行う。

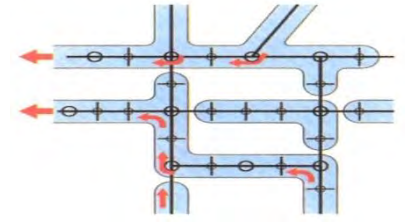
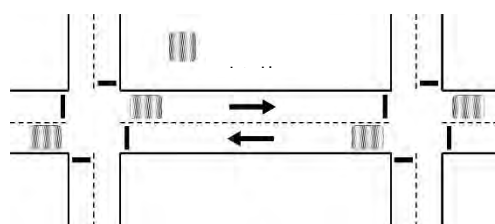
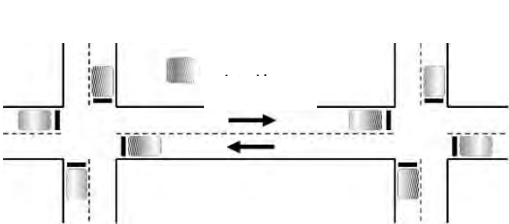
e) 信号作動状況の監視

信号の作動状況は、毎秒毎に継続して監視しなければならない。信号制御器の診断プログラムにより異常が検知された場合、信号表示は直ちに点滅モードとなる。センターと信号制御器の間の通信が途絶えた場合、その時点での信号制御パラメータ値によりそのまま作動する。

センターと信号制御器の間の通信が回復すると、信号制御器は自動で遠隔制御モードに戻り、センターから送られる指示により作動する。

世界で主要な信号システム方式の比較を以下に示す

表 6.3 主要な信号システム方式の比較

方法	エリアコントロール	ラインコントロール	ポイントコントロール
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 重要な交差点に基づくエリア制御 渋滞量と滞留長の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ライン交通信号制御 車群の到着時間予想による青信号時間調整 	<ul style="list-style-type: none"> 主要な交差点の信号制御 交通飽和度に基づくスプリットの最適化と制御パターンに従ったオフセット管理
イメージ			
センサー位置	<ul style="list-style-type: none"> 主要な交差点の進入口 交通量センサー（交差点進入口） 渋滞滞留長センサー（主要な交差点から150m、300m、500m地点） 	<ul style="list-style-type: none"> 交差点出口 交通量センサー（交差点から150もしくは200m地点） 	<ul style="list-style-type: none"> 交差点進入口 交通量センサー（交差点進入口）
管理指標	<ul style="list-style-type: none"> 交通量 渋滞滞留長 旅行時間 	<ul style="list-style-type: none"> 到着時間予測 交通量 青信号時間 	<ul style="list-style-type: none"> 交通量 青信号時間
サブエリア	交通状況に応じて自動的にサブエリアを統合・分離する	固定サブエリア	サブエリアなし

(出典：JICA調査団)

チェンナイの交通状況を考慮すると、エリアコントロールが最も適していると考えられる。

f) エリア交通信号制御システムの整備計画

<対象エリアの選定>

チェンナイにおけるエリア交通信号制御システム導入の対象エリアは以下を含むエリアとした。

- 交通需要予測の結果、混雑度(交通量/交通容量)が1.0を超える箇所を含むエリア
- エンノール港を含むエリア
- 国道45号沿いのT a m b a r a m地区(慢性的な渋滞が発生する地区)を含むエリア

これを基に短期に以下の通り 2 ステージに分け導入することを提案する。

ステージ 1 : 渋滞が顕著な市内中心部 (内環状道路、国道 4 号、国道 4 5 号及び州道 4 9 A 号の北部を含むエリア)

ステージ 2 : 上記の全体対象エリアの残り

信号の設置工事は通常複数のパーティに分け、各パーティがそれぞれの信号交差点を担当し、並行して複数の信号交差点の工事を実施する。対象の交差点数が多すぎる場合、施工業者との 1 つの工事契約では施工業者が準備できるパーティ数に限界があると想定される。また、施工管理が難しくなり、結果として品質の低下と工期の遅延を招くリスクがある。さらに、工事期間が集中することによって、市内の多くの場所で交通規制が必要になる。これらを考慮して、エリア交通信号制御システムの導入は少なくとも、2 ステージに分けることを推奨する。

以下に各ステージにおける整備計画案を記す。

<短期>

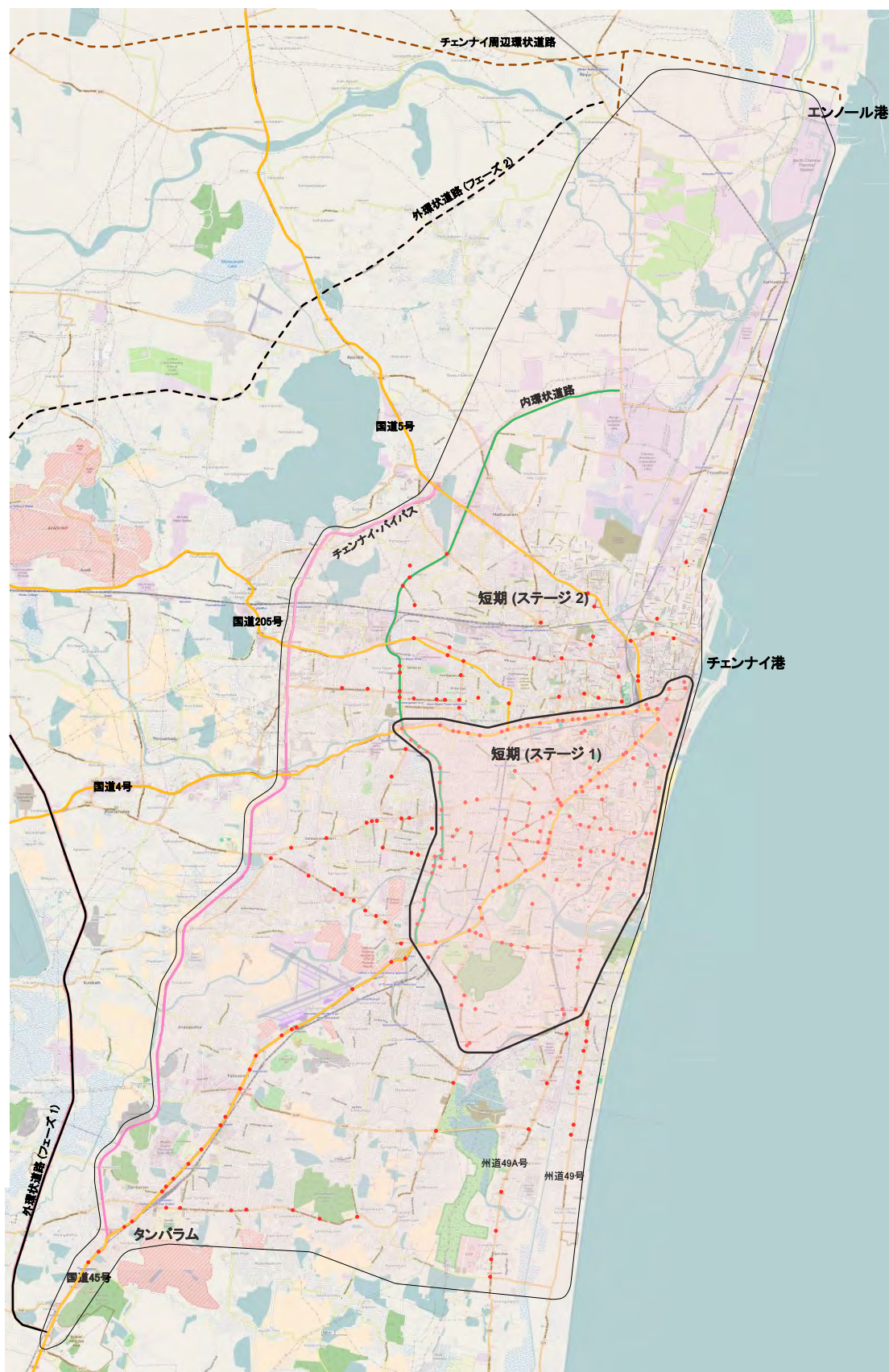
ステージ 1 : センター制御に必要なコントロール・センターとセンター・システムに必要な整備を行う。対象とする交差点は国道 4 号と国道 5 号及びマリーナ・ビーチにより囲まれる、早急に対策が必要な市内の中心部とし、合計 1 5 0 か所の交差点とする。

ステージ 2 : 合計 230 か所の交差点とする。

<短期以降>

将来の交通状況やインフラ整備等に応じて、必要となればさらに導入していく。

ステージごとの整備対象エリアを図 6.22 に示す。

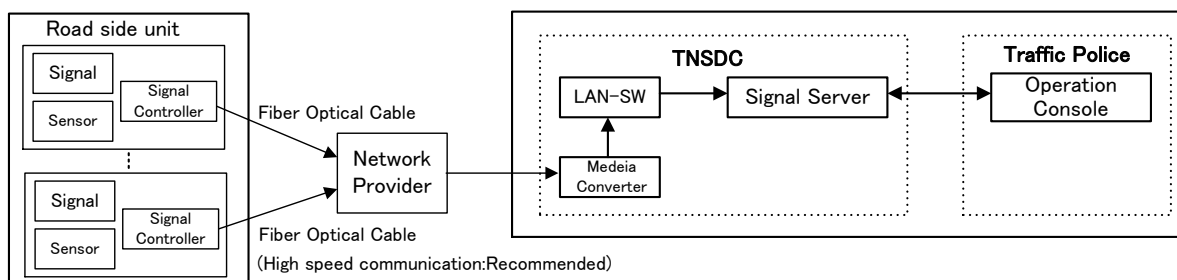


(出典：JICA 調査団)

図 6. 22 ステージ毎のエリア交通信号制御システムの整備エリア

g) 通信システムダイアグラム

車両検知器によって測定されたデータは、信号サーバーに送信され、信号サーバーの計算結果は、信号制御器に送られる。通信は、光ファイバー網が望ましい。通信システムのダイアグラムを図 6. 23 に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 23 エリア交通信号制御システムの通信システムダイアグラム

6.2.2 CCTV交通監視システム

(1) 目的

CCTV 交通監視システムの目的は、現場の交通状況の監視であり、危険な交通事象を発見するために導入する。CCTVカメラは、必要に応じて、旋回、傾転及びズームの機能を用いて車両やナンバー・プレート等を撮影する。撮影された映像は、一定期間保存される。

(2) CCTV交通監視システムの整備計画

CCTV カメラは、市内のいくつかの主要な交差点には交通警察により導入済みであるため、これら以外の事故多発箇所を追加のCCTVを設置することを推奨する。事故多発箇所とは、主要道路のフライオーバーの両端部を指す。また、これらの場所は、分合流部のため渋滞のボトルネックとなる。CCTVの設置位置のイメージを図 6. 24 に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 24 CCTVの設置イメージ

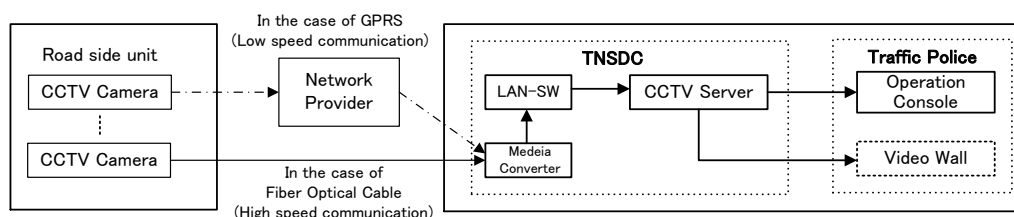


(出典：JICA調査団)

図 6. 25 CCTV交通監視システムの導入箇所

(3) 通信システムダイアグラム

CCTVカメラによって撮影された映像は移動体通信網、または光ファイバー網を通して交通警察のセンターに送信される。光ファイバーケーブルが設置個所近傍に存在すれば光ファイバー網を使用する。存在しなければ、移動体通信網を用いる。通信システムのダイアグラムを下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 26 CCTV交通監視システムの通信システムダイアグラム

6.2.3 可変表示板システム

(1) 目的

可変表示板システムの目的は、道路、交通及び天候情報などをドライバーへ提供することである。スマートフォンなどの情報端末を持っていない場合でも、全てのドライバーに対して情報を提供することが可能であり、最も効果的な情報提供手段のひとつである。

可変情報板には、メッセージやグラフィックを用いたもの等いくつかのタイプがある。設置する可変情報板は、多色で多様な表示が可能なグラフィック方式が望ましい。これは、ドライバーが読むメッセージがほとんどなく、表示イメージによって道路状況や交通渋滞状況が理解できるためである。また、各事象や主要目的地までの旅行時間等様々な情報が表示可能である。従って、ドライバーは、即座にどの道路を走行するかを選択が可能となる。

以下の表に、可変表示板のタイプ別の例を示す。

表 6. 4 可変表示板のタイプ別の例

タイプ	例	機能
Type メッセージとシンボル 表示方式 VMS (Text-based)	Image 	Function 道路、交通及び天候の情報をメッ セージとシンボルを使って表示す To inform the road, traffic and weather conditions on the roads to drivers by using text information and/or symbol mark.
旅行時間表示方式 Travel Time Display		設置地点から、主要な目的地まで To provide travel time information from VMS location to major destinations. の旅行時間を表示する。
グラフィック表示方式 Graphic Information Signboard (多色、多様表示)		ドライバーがルートを選択ができ To inform congested sections to make drivers select most suitable travelling route by using graphic information. を用いて表示する。事象や主要目 的地への旅行時間なども表示可能 である。

(出典：JICA調査団)

(2) 可変表示板システムの整備計画

可変表示板の設置位置は、内環状道路、外環状道路、チェンナイ・バイパス道路と主要な放射状道路の交差点の上流側が望ましい。主要放射状道路は、国道5号、国道205号、国道4号、国道45号、州道49A号及び州道49号である。これらの主要な交差点の上流部に設置し、進行方向の主要な目的地までの予想旅行時間や渋滞の情報を提供することにより、代替路線へ車両を誘導することを目的とする。下図に導入個所を示す。

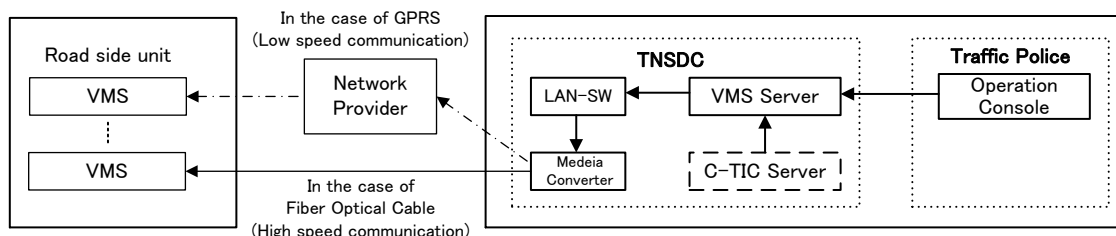


(出典：JICA調査団)

図 6. 27 可変情報板の導入個所

(3) 通信システムダイアグラム

可変情報板のデータは移動体通信網、または光ファイバー網を通して交通警察のセンターに送信される。光ファイバーケーブルが設置個所近傍に存在すれば光ファイバー網を使用する。存在しなければ、移動体通信網を用いる。通信システムのダイアグラムを図 6. 28 に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 28 可変情報板システムの通信システムダイアグラム

6.3 チェンナイ周辺環状道路のための ITS コンポーネント

チェンナイ周辺環状道路の全長は133.65キロであり、5つのセクションに分割されている。このうち、セクション1は北部港アクセス道路と呼ばれ、エンノール港に接続される。まだ決定されてはいないものの、セクション1は、有料道路区間としてアクセス制御されることがタミル・ナド州政府により検討されている。従って、チェンナイ周辺環状道路のITSについては、次の2つのITSコンポーネントの導入を提案する：

- ✓ 料金徴収システム： セクション1
- ✓ 交通管制システム： セクション1～セクション5

6.3.1 料金徴収システム

(1) 目的

チェンナイ周辺環状道路の完成によって郊外からエンノール港への接続性が大幅に向上するものと期待される。これにより、チェンナイ周辺環状道路上の大型車両の交通量の増加が見込まれる。大型車両は舗装に損傷を与えるため、メンテナンスが非常に重要な課題となるが、通行料金の徴収を可能とする料金徴収システムの導入により、収集した料金をチェンナイ周辺環状道路の維持のために使用することが可能となる。過積載車両を管理することも舗装を保護するために重要である。アクセス制御されたセクション1は、入口に車重測定装置を設置することにより、過積載車両を制御することが可能となる。

したがって、料金徴収及び過積載車両を管理する目的で、料金徴収システムと動的軸重計測システムをチェンナイ周辺環状道路のセクション1に設置することを提案する。

(2) 料金所設置個所と料金体系

セクション1では、料金所は少なくとも3箇所必要となる。セクション2と国道5号が接続するセクション1の終点であるタチュール、外環状道路の北端近くとセクション1の支線の終点であるミンジュール、及びエンノール港のゲート手前の終点である。

チェンナイ周辺環状道路に適用される料金体系は、対距離課金方式なのか定額料金方式なのかについてはまだ決定されていない。しかし、セクション1における高速道路ネットワーク構造を考慮すれば、道路利用の公平性の観点から、走行した距離に応じた対距離課金方式の料金体系を適用することが推奨される。

対距離課金方式の場合、料金所は有料道路の入口と出口の両方で必要となる。料金徴収には主に3つの方法がある。現金による徴収、タッチアンドゴー（T&G）および自動料金徴収（ETC）である。現金徴収の場合、車種、入り口インターチェンジ名、日付・時刻などの情報を記述したチケット又は通過カードを入口料金所で運転手に渡す。出口料金所の料金収受員は、

これらの情報を確認し、必要な料金を徴収する。タッチアンドゴー(T&G)とE T Cの場合も、基本的な手順は同様であり、これらのプロセスがシステムによって自動化される。

下図にチェンナイ周辺環状道路のセクション1 を示す。



(出典：ジェトロ， Industrial Map of Greater Chennai Version 4.0)

図 6.29 チェンナイ周辺環状道路のセクション1 (北部港アクセス道路)

(3) 料金徴収方法

チェンナイ周辺環状道路には、上記で述べた自動料金徴収 (E T C)、タッチアンドゴー (T & G)、および現金徴収の3つの徴収方法を導入することを推奨する。

インドにおける高速道路のE T Cの国家標準として、インド国道庁によってR F I D方式のE T Cが展開され始めている。このシステムでは、F A S T a gと呼ばれるR F I Dのタグを車両のフロントガラスに取り付ける。固有のI D番号が各車両に割り当てられ、タグのメモリに書き込まれる。料金収受は自動的に行われ、車両はE T C料金所の入口と出口の双方で停止することなく通過する。近年においては、インドのすべての新車にこのタグが標準装備されている。ドライバーは、F A S T a gの料金収受を使用するために、利用者登録を行い、事前にオンラインアカウントを作成する。車両が料金ゲートを通過すると、通行料金がオンライン口座から引き落とされる。ノンストップ料金徴収の実現化にはE T C専用レーンが必要とされる。



(出典：JICA調査団)

図 6.30 FASTag システムのRFID タグ

タッチアンドゴー（T&G）の場合は、料金所に設置されたカードリーダー/ライタにタッチしたタイミングで、非接触ICカードから通行料金が差し引かれる。これは、前払い決済システムとなる。料金收受の処理速度を向上させるため、現金徴収用の全てのトールレーンにタッチアンドゴーを設置することが推奨される。

チェンナイメトロ、市内バス、都市内鉄道等に使用が可能な交通系共通カードの導入が、チェンナイ統合都市圏交通委員会によって検討されている。従って、この交通系共通カードと相互運用が可能なスマートカードをチェンナイ周辺環状道路に採用することを提案する。

交通系カードを異なる交通機関で利用できるように共通化した場合、複数の交通事業者間での決済処理が必要となる。これを自動化したシステムをクリアリングハウスと呼ぶが、このクリアリングハウスは既にチェンナイメトロに構築されている。またチェンナイメトロに導入されたカードシステムはISO14443タイプA、及びフェリカに対応しているため、これらと互換性のあるカードをチェンナイ周辺環状道路の料金徴収システムのタッチアンドゴー（T&G）に採用することが推奨される。これによりチェンナイ周辺環状道路の運用開始時において一定以上の数のタッチアンドゴー利用者の確保が期待できる。



(出典：一般財団法人道路新産業開発機構)

図 6. 31 タッチアンドゴー(T&G)のトールブースイメージ

I R C (S P : 9 9 - 2 0 1 3) には、上記システムの通行レーンの必要な処理能力が以下のとおり記載されている。

- 現金徴収レーン：240台/時間
- タッチアンドゴー(T&G)レーン：360台/時間
- E T Cレーン：1200台/時間

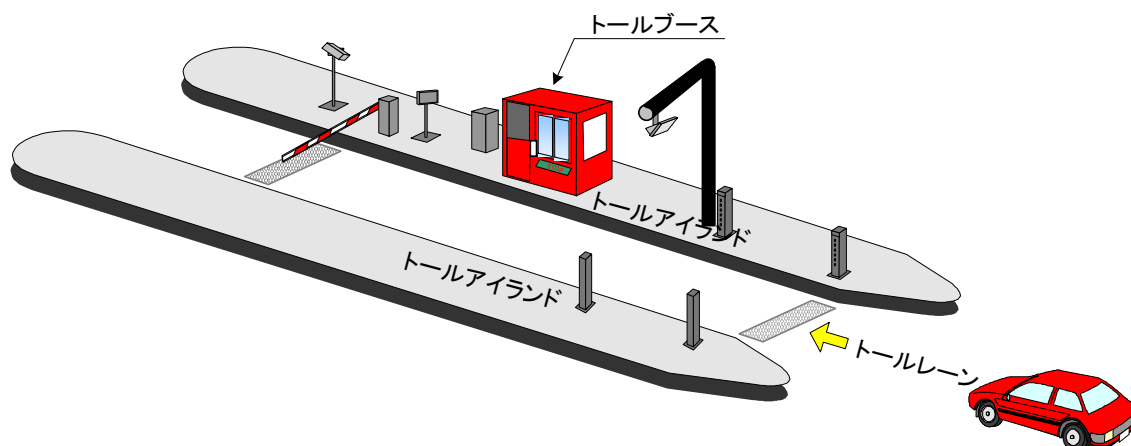
タッチアンドゴー(T&G)及びE T Cの処理能力は現金徴収よりもはるかに高い。タッチアンドゴー(T&G)とE T Cの利用者数が増加すれば、料金所での渋滞緩和が期待される。

(4) システム構成

料金徴収システムは、基本的に以下の3つのレベルで構成される。

- ①料金所 (レーンコンピュータシステム、トールレーン機器、トールブース内機器)
- ②料金事務所 (プラザコンピュータシステム)
- ③料金管理センター (料金管理センターシステム)

以下に料金所のイメージを示す。



(出典：JICA調査団)

図 6.32 料金所イメージ図

①料金所（レーンコンピュータシステム、トールレーン機器、トールブース内機器）

トールレーン機器とトールブースは、トールアイランドに設置される。トールレーン機器の処理はレーンコンピュータシステムによって常時に監視される。レーンコンピュータシステムが、車種判定、カードやETCの処理の確認等を行う。

②料金事務所（プラザコンピュータシステム）

プラザコンピュータシステムは、料金収受員による勤務記録、料金収受員が報告する徴収額とシステムでの集計額との突合せ、銀行振込の取扱いなどの管理等の機能を有する。

③料金管理センター（料金管理センターシステム）

料金管理センターは、チェンナイ周辺環状道路の料金所の建物の1つに整備され、料金徴収システム全体の運用を管理、監視する。料金管理センターシステムは、メインサーバが停止した場合に備え、処理を引き継ぐ待機サーバーシステムとの二重化システム構成を持つものとすることが推奨される。

プラザコンピュータシステムと料金管理センターシステム間のデータ通信が途絶えた場合においてもプラザコンピュータシステムを継続して稼働できるようにリアルタイムデータ通信を必要としない自立型システムとして設計することが推奨される。

(5) レーンコンピュータシステム

以下の表に、レーンコンピュータシステムの主な機器を示す。

表 6.5 レーンコンピュータシステムの機器リスト

	機器	目的
トールブース	トールレーンコントローラー	すべてのトールレーン機器の制御と監視を行う。また、料金徴収業務に必要な業務データやその他のデータを格納する。
	料金収受員端末とレシートプリンタ	料金収受員のためのインターフェース装置としてディスプレイとキーボードを有する。レシートプリンタによってレシートを発行する。
	スマートカードリーダ/ライター	スマートカードのデータの読み取りや書き込みを行う。
	非常時の足踏スイッチ	非常時に料金事務所に対して警報を出す。
	インターホン連絡ユニット	料金事務所とブース内の料金収受員の間での口頭によるコミュニケーションに使用する。
ゲート	手動式遮断機	現金徴収レーンでの遮断機
	頭上交通信号	料金徴収レーンが利用可能かどうかを信号表示で示す。
	トールレーン上の交通信号	トールブース内に停止中の車両に対して、前進が可能かどうかを示す。
	E T C アンテナ	車両に取り付けられている R F I D タグと通信を行い、E T C 処理のため通信を行う。
	料金表示機	料金差引き額やカード残高、又は必要に応じてその他の情報を表示する。
	自動遮断機	ゲートにおける車両の移動を制御するもので、通常は閉じられており、通過が許可された際に開く。

	オレンジ色サイレン信号	非常事態が発生した際に、料金収受員が起動する。
	事故監視カメラ	トールレーンの車両を撮影する。
	車両検知システム	システムによって計測された車両の物理的形狀に基づき、車種クラスを確定し請求額を決定する。
	動的軸重計測システム（*1）	システムによって測定された超過車両を特定し、必要なデータを記録する。（詳細は下記）

（出典：JICA調査団）

注（*1）：動的軸重計測システムは料金徴収システムと異なるが、上記の機器と同一の場所であるチェンナイ周辺環状道路の入口に設置することが推奨される。以下に、動的軸重計測システムを説明する。

車両の重量を検出するため、動的軸重計測システムをすべての料金所入口に設置することを推奨する。車両がプラットフォーム上を通過すると、システムは車軸重量を測定し各々の車軸重量を合計する。車両の過重量が検出されると、車両の総重量を測定するために静的車重計ブリッジに導かれる。

基本的に以下で構成される：

- 誘導ループコイル
- 軸センサー
- ロードセルプラットフォーム
- モニター
- 静的車重計ブリッジ

(6) プラザコンピュータシステム

プラザコンピュータシステムは、各料金事務所の建物の制御室内に導入される。主な機能は以下のとおりである：

- トールレーン機器からのデータ収集と料金事務所の制御室内のモニターによるリアルタイムの監視
- モニター、プリンター端末及びデータ伝送装置を介しての、料金所／料金事務所管理とデータ処理

以下の表に、プラザコンピュータシステムを構成する主要なシステムを示す。

表 6. 6 プラザコンピュータシステムの主要なシステム

主要なシステム	目的
プラザコンピュータサーバ	すべてのトランザクションを記録し、以下に記載する機能を実現するためのデータ処理を行う。
監査システムとワークステーション	料金収受員と、自動車種判別システムによる車種判別の相違を検出する。また、トールレーンの状況を監視する。
Point of Salesとワークステーション	FASTagとスマートカードの販売やリチャージに使用する。
レポートシステムとワークステーション	管理レポートを生成する。また、料金収受員のシフトを管理する。
通行料金管理システムおよびワークステーション	料金収受員によって申告された現金額と、システムによって集計された額の突合せを行う。また、各料金所で収集した額を管理する。

(出典：JICA調査団)

(7) 料金管理センターシステム

料金管理センターシステムの主要な機能を以下に示す。

- チェンナイ周辺環状道路の料金徴収システムの運用と料金徴収システム全体の管理
- プラザコンピュータシステムからのデータの取得及び、料金所ごとの収集額、職員の作業やシフトの記録、各料金所の料金収受員、主要な機器やシステム障害等の管理
- 改訂通行料金表や最新の不正利用者リスト等の運用パラメータの見直しと、プラザコンピュータシステムへの配信

- モニターやプリンター等による、レポート機能
- モニターによる各料金所のトールレーンの監視（必要に応じて）

料金管理センターシステムは、光ファイバー網を介して広域ネットワークによってプラザコンピュータシステムに接続する。以下の表に、料金管理センターシステムを構成する主要なシステムを示す。

表 6.7 料金管理センターシステムの主要なシステム

システム	目的
料金管理センターコンピュータサーバ	すべてのトランザクションを記録し、以下に記載する機能を実現するためのデータを処理する。また、通行料金表とブラックリスト情報の更新等の運用パラメータを管理し、プラザコンピュータを介してすべてのレーンコンピュータに配信する。
監視システムとワークステーション	各料金所のトールレーンを監視する。
レポートシステムとワークステーション	すべての料金所の情報と収入の詳細を基に、分析に必要な管理レポートを生成する。

(出典：JICA調査団)

6.3.2 交通管制システム

交通管制システムは、チェンナイ周辺環状道路の安全と円滑な交通を確保するためにチェンナイ周辺環状道路の管理を支援するものである。システムは以下の主要部分から構成される。

- データ／情報の収集
- データ処理と監視
- 情報提供

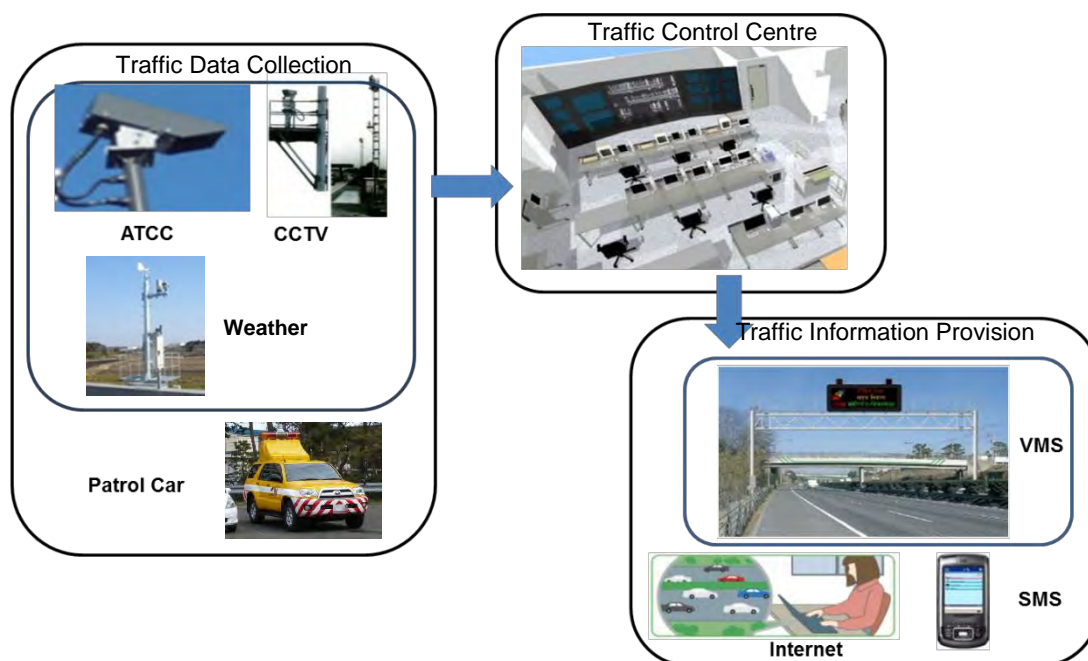
これらの情報は、チェンナイ交通情報センターと他の関連機関との間で共有される。

チェンナイ周辺環状道路上の道路や交通状況のデータは、チェンナイ周辺環状道路に沿いに設置された交通量計測装置、事象検知システム、気象監視システム、及びCCTVカメラによっ

て収集される。これらの装置によって収集されたデータは、デジタル伝送システムを介してチェンナイ周辺環状道路の交通管制センターに送られる。

オペレータは、ワークステーションと大型ディスプレイでチェンナイ周辺環状道路の状況を監視し、渋滞、事故、道路や車線の閉鎖、及び工事／保守作業等の事象やイベントが発生した場合に対策を行う。チェンナイ周辺環状道路の交通／道路／気象状況の情報は、チェンナイ周辺環状道路に設置した可変表示板やアクセス道路上に設置された可変表示板及びインターネットを通じてチェンナイ周辺環状道路の利用者に提供される。SMSの登録者にも、事象の情報が送信される。またこれらのデータや情報は、チェンナイ全土をカバーするチェンナイ交通情報センターにも送信され、事象が発生した場合に交通警察、救急車やレッカーサービスなどの関係機関と協力して対応することを可能とする。

以下の図に、交通管制システムの全体のイメージを示す。



(出典：NEXCO東日本提供資料を基にJICA調査団が編集)

図 6. 33 交通管制システムイメージ

下図に、交通管制システムのセンターのイメージを示す。

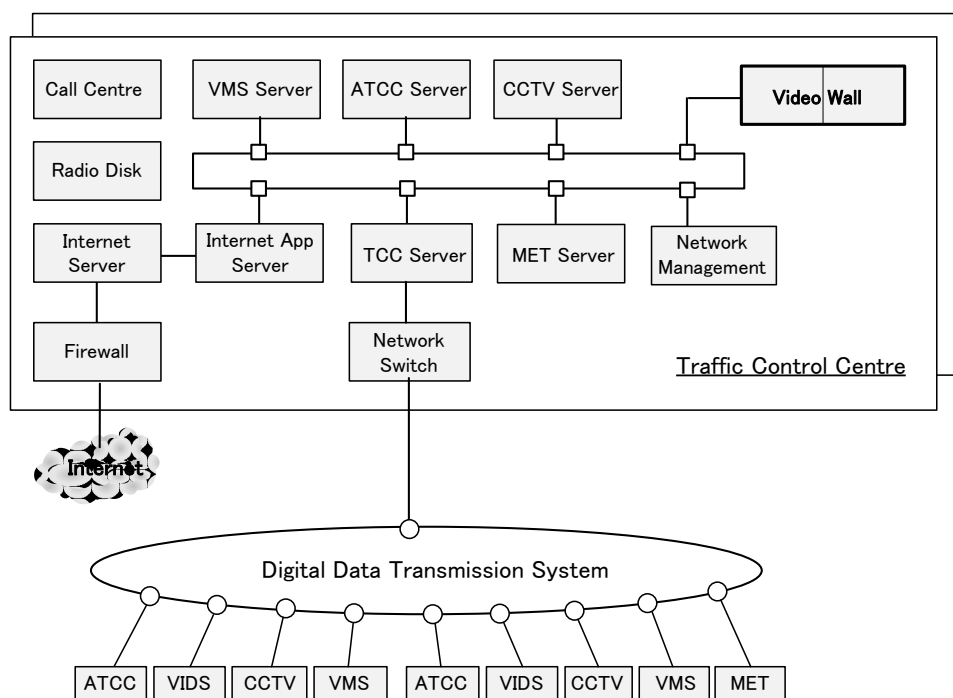


(出典：NEXCO東日本にてJICA調査団撮影)

図 6. 34 交通管制センターイメージ

交通管制システムは、24時間365日、継続して交通を監視する。チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターは、セクション1のうちの一つのインターチェンジに構築し、センターシステムは、メインサーバとバックアップサーバからの2重化構成とすることが推奨される。これによりメインサーバに障害が発生した場合でも、バックアップサーバが動作を引き継ぎ、継続してシステムが稼働することを可能とする。

交通管制システムの全体的なシステム構成を、下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6.35 交通管制システムの全体構成

(1) データ／情報収集

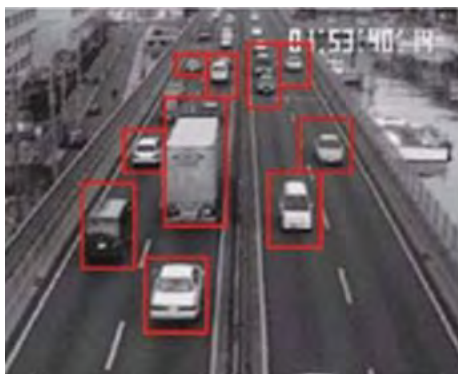
データ／情報収集として、CCTVシステム、事象検知システム、交通量計測システム、および気象監視システムの導入を提案する。

CCTVシステムは、交通の流れを監視するために使用する。事象検知システムは、停止車両や逆走などの事象を自動で検知する。大事故や即時の対応を必要とする交通の事象が発生した場合、チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターから現場にパトロール車両、交通警察、保守チームやその他の関係者／機関に出動を要請する。撮影した映像は、一定期間保存されるものとする。

交通量計測装置は、小型および大型車の2種類の車両の台数を計測するとともに、車速と占有率を計測する。計測された車速は渋滞情報生成のために、チェンナイ交通情報センターのプローブシステムの補完として使用される。したがって、交通量計測装置によって収集された速度

データは、チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターを介してチェンナイ交通情報センターに伝送される。データは、一定期間保存されるものとする。

下図に、車両を識別する交通量計測装置の撮影した画像を示す。



(出典：住友電工株式会社)

図 6. 36 交通量計測装置による撮影イメージ

気象監視システムは、気象状況を測定し、道路利用者へ悪天候の情報を提供するために必要なシステムである。道路利用者はこれにより、悪天候の際に適切な措置をとることが可能となる。以下の目的のため、本システムをチェンナイ周辺環状道路に導入することを提案する：

- チェンナイ周辺環状道路上の降水量、気温、風速／風向、視認性などの気象条件の測定。
- 危険な気象状況が検出された場合に、道路の閉鎖等の適切な対策を取るための気象データの活用。
- 道路利用者が必要な適切な措置を図ることを可能とするため、情報提供システムを介して、気象情報の道路利用者への提供。
- 道路事業者や交通管理者などの関連機関に対して、測定した気象状況のデータの共有。

非常電話については、携帯電話の普及により運転手が直接交通管制センターやその他の関係機関へ連絡することが可能であるため、チェンナイ周辺環状道路に設置する必要性は低いと考えられる。但し、コールセンターを設立し、専用番号を割り当てる必要がある。

(2) データ処理と監視

交通量計測装置によって収集された交通量データはチェンナイ周辺環状道路の交通管制センターで処理され、統計管理に適したフォームに変換される。機器の不具合が検知された場合、オペレータに警告が発せられる。

CCTV カメラと事象検知カメラによって撮影された映像はオペレータによって監視され、映像はデジタルビデオレコーダーによって記録される。異常な交通事象が事象検知システムによって検出された場合、警告が発せられる。

コールセンターにかけられた全ての電話連絡は、後で再確認することが出来るよう、自動的に記録される。

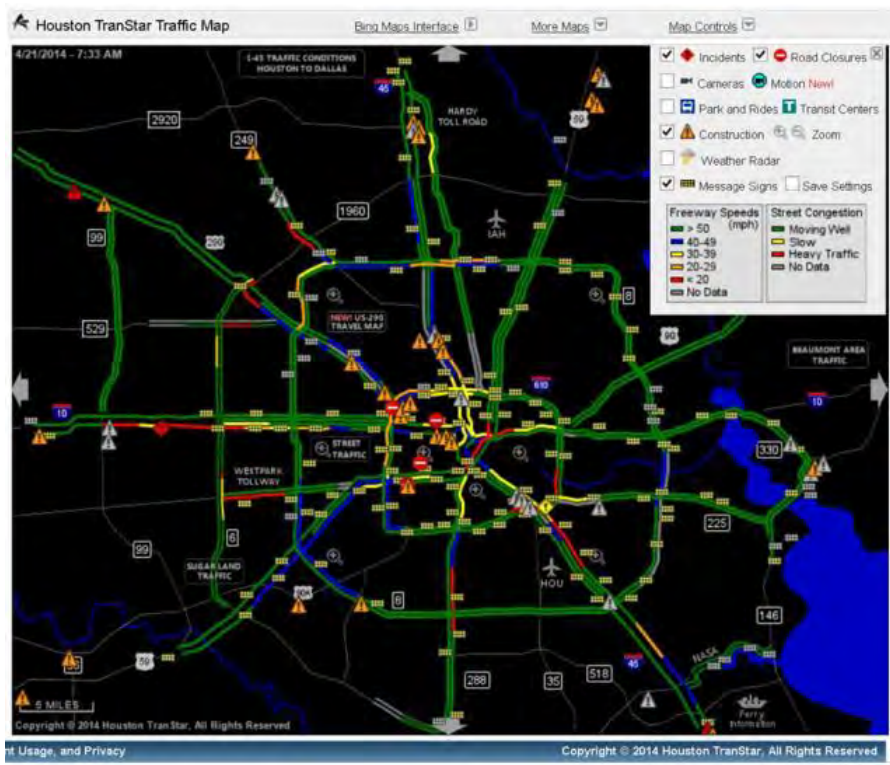
(3) 情報提供

交通情報やその他の関連情報は、可変表示板により道路利用者へ提供される。可変表示板は、チェンナイ周辺環状道路の本線及び国道等の主要なアクセス道路に設置する。提供する情報は、下流側の道路・交通状況及び天候情報などであり、発生した事象に対して、運転手が迂回等の適切な交通行動を図ることを可能とするためのものである。

以下に示すように、2つの異なるタイプの可変表示板の設置を推奨する。チェンナイ周辺環状道路の本線上に設置される可変表示板は、必要なメッセージと一緒にグラフィックにより、チェンナイ周辺環状道路に関する情報を表示する。アクセス道路上に設置される可変表示板は、チェンナイ周辺環状道路の情報と外環状道路などのその他の主要な道路に関する情報を、必要なメッセージとともに道路ネットワークの概略イメージにより表示する。これにより、運転手が適切な経路を選択することを可能にする。

	
<p>(出典：名古屋電気工業株式会社)</p> <p>図 6. 37 チェンナイ周辺環状道路本線に設置する可変表示板</p>	<p>(出典：JICA調査団撮影)</p> <p>図 6. 38 アクセス道路に設置する可変表示板</p>

交通情報についてはこの他、インターネットを介して提供することを提案する。混雑個所を示す渋滞マップ、事故の発生個所、工事現場の個所等を、道路利用者に配信する。下図に、高速道路上の交通マップの一例を示す。



(出典：Houston: <http://traffic.houstontranstar.org/layers/>)

図 6. 39 交通マップの例

また、交通に関する警告情報を、電子メールやSMSにより提供することを推奨する。事故、工事、道路の閉鎖といった交通を妨げる事象が発生した場合、登録者に対してこれらの情報を送信する。

(4) チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターの中央サーバシステム

チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターは中央サーバシステムを有し、チェンナイ周辺環状道路のセクション1のうちの一つのインターチェンジに設立することを提案する。

チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターの中央サーバシステムの主要な機能は以下となる。

- 路側機器からのデータ収集
- 路側機器の監視・制御
- 路側機器とのデータ通信
- 大型ディスプレイによる交通や路側機器の監視
- データベース管理
- 可変表示板やインターネットなどを通じての情報提供
- ヒューマンマシンインターフェース機能

(5) チェンナイ周辺環状道路の路側機器の配置基準案

チェンナイ周辺環状道路の路側機器の配置基準案を下表に示す。

表 6. 8 チェンナイ周辺環状道路の路側機器の配置標準 (案)

設備	場所		目的	数量	
可変表示板	チェンナイ周辺環状道路 本線	セクションー 1	オフランプ200m手前	チェンナイ周辺環状 道路情報の提供	1
		他セクション	交差点200m手前		9
	チェンナイ周辺環状道路 のアクセス道路	セクションー 1	市内に向かう方向のオンラ ンプ200m上流	チェンナイ周辺環状 道路と都市内道路情 報の提供	1
		他セクション	市内に向かう方向の主要放 射道路交差点の200m 上流		4
CCTVシステム	チェンナイ周辺環状道路 本線	全セクション	分合流手前200m	交通状況の監視	20
事象検知システム	チェンナイ周辺環状道路 本線	セクションー 1	分合流手前200m	異常事象の検知	3
交通量計測システム	チェンナイ周辺環状道路 本線	全セクション	上下線2 km毎 (全線)	交通量計測 車速と占有率の計測 (チェンナイ交通情 報センターで活用)	134
気象監視システム	チェンナイ周辺環状道路 本線	全セクション	インターチェンジ/主要交 差点の近傍	気象状況を観測	6

(出典：JICA調査団)

上記の配置標準（案）に基づいたチェンナイ周辺環状道路の交通管制システムの路側機の配置を下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 6. 40 交通管制システム機器の配置計画

6.4 公共バスへの I T S の導入

チェンナイの特徴として、港湾施設以外にも多くの工業団地や学校及び州道 4 9 A 号のような I T 回廊が存在することであり、これらへの通勤・通学等の人の移動が顕著にみられるため、公共交通への転換が大きな課題である。現在、チェンナイメトロが一部区間完成し、ネットワークは延伸していくが、市民の移動の基本は、チェンナイ市内の多くの場所に存在するバス停やバスターミナルを備えている 3 8 0 0 台の市バスである。市バスの運用を効率化し、市民の移動にかかる利便性を向上するには I T S の早期の導入が必要である。

※ I T 回廊：チェンナイにおいては州道 4 9 A 号沿いの地域に I T 関連企業が多く立地しており、州道 4 9 A 号は通称「I T 回廊」と呼ばれる

市バスに導入する I T S は、下記の 3 つの主要なシステムとなる。

- 1) 市バス運行管理システム
- 2) 市バス情報提供システム
- 3) 市バス運賃支払い

これらのシステムにより主に以下に示す事項に対して貢献することを目的とする。

- バスの待ち時間の削減と、計画だったバスの利用
- 乗客の利便性の向上
- 徴収した運賃の保全性の向上
- 運賃収受漏れの削減
- バス運行管理の効率性の向上
- 将来計画等のためのビッグデータの活用

6.4.1 市バス運行管理システム

(1) 目的

市バス運行管理システムの目的は、市バスの運行管理の効率性を向上させることにある。センサーにてバスの運用状況をリアルタイムで監視する。

市バス運行管理システムの主な役割は以下となる。

- ・ バスの走行位置に対するリアルタイム且つ継続的な監視
- ・ 突発事象や事故のタイムリーな対応
- ・ 蓄積データに基づくバスの運行スケジュールの見直し
- ・ 非常事態や危険な事象発生時に、バスの走行ルートを変更するなどのバス運転手への指示伝達
- ・ バス情報をリアルタイムで収集、照合、記録し、バス運行管理の効率化
- ・ バスの走行ルートの見直しや将来計画等のためのデータの保管・活用

市バス運行管理システムのイメージを下図に示す。



(出典：DHgate.com に基づき JICA 調査団が作成)

図 6.40 市バス運行管理システムイメージ

市バス運行管理システムは、以下の主要な機能を実装する。

- データの収集機能
- データの処理、分析、記録機能
- 監視及び管理機能

(2) データの収集機能

各バスに取り付けられたGPS車載器から、リアルタイムでバスの位置情報を収集し地理情報システムにより処理された地図とマッチングさせる。GPS車載器は、時間毎の緯度、経度の情報を収集し、一定の時間間隔でセンターサーバーにデータを送る。GPS車載器は、処理装置、通信装置及び電源ユニットで構成されている。

下図は、一般的なGPS車載器である。



(出典：Teltonika)

図 6. 41 GPS 車載器

(3) データの処理、分析、記録機能

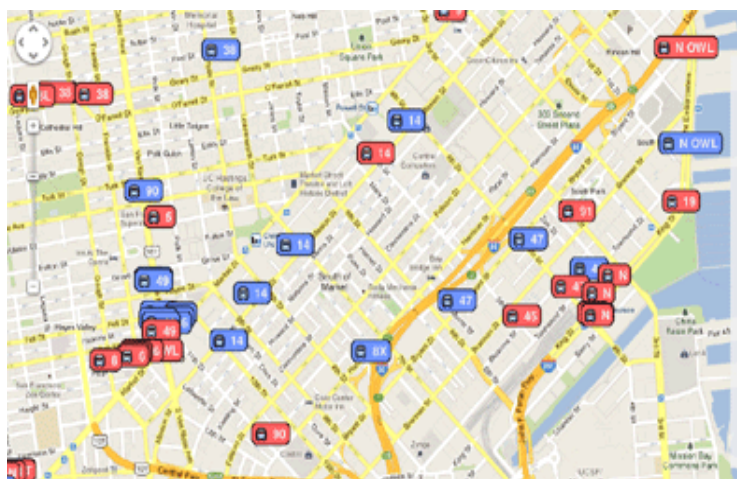
GPS車載器からのバスの位置データをセンターサーバーによって収集し、処理する。センターサーバーは、何らかのイベントや事象発生時に、警告を発し、また報告する。警告を発するケースとは、バスが正規のルートから逸脱している場合や、想定以上にバスの停留所への到着の時間がかかっている場合等である。

(4) 監視及び管理機能

センターのオペレーターは、各バスの位置と時間を監視し、非常時にはバス運転手と連絡を取る。また、必要に応じて、バスの運行スケジュールの見直しを指示する。

職員は、スマートフォンやタブレットを通して、バスの位置、運転手やその他の情報に現場からアクセスする。これにより、バスの故障やタイヤのパンク等が発生した場合に、職員による迅速な支援を可能とする。

下記にGIS地図上のバスの位置情報を表示した事例を示す。



(出典：SF Live Bus Website)

図 6. 42 GIS地図上のバス位置の表示の事例

GIS 地図にプロットされたバスの位置情報は、職員やオペレーターの間での情報を共有することを目的として、センターの大型ディスプレイで表示する。バスのマークはバスの状況に応じて、以下の事例に示すように、異なる色を使用する。

表 6. 9 バスの状況に応じた色の事例

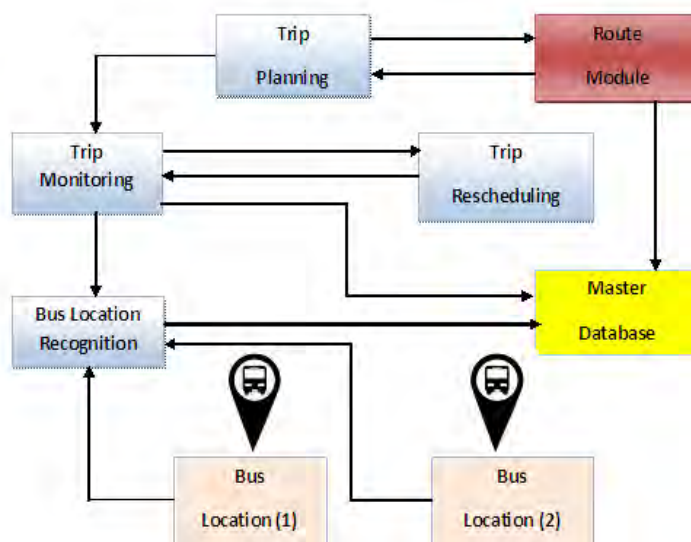
色	バスの状況
緑	スケジュール通り
赤	遅延発生
黒	故障中

(出典：JICA調査団)

オペレーターが可能な限り早急に状況を把握するために、様々な機能や色を使用する。例えば、カーソルをバスのアイコン上に持ってくると、そのバスのルート番号や運転手などの詳細情報を表示したり、バスの警告情報等を表示する。また、バスが故障した旨、運転手が報告した際は、バスの状況が故障中に変更され、バスが黒色で表示される、などの機能を実装することが推奨される。

(5) 市バス運行管理システムの機能

下図に、市バス運行管理システムのアーキテクチャーを示す。



(出典：JICA調査団)

図 6.43 市バス運行管理システムのアーキテクチャー

・ マスターデータベースの機能 ・

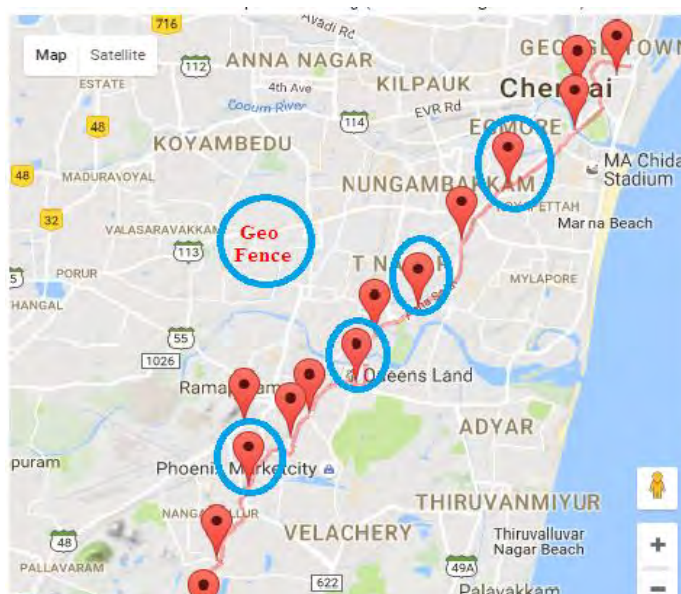
マスターデータベースは資産管理に使用される。バス車両、バス倉庫、バス停留所、バスターミナルやGPS車載器などの詳細情報を保持する。バス車両の詳細情報とは、バスのID番号、車体番号、部品情報、乗員数、登録した年度等である。バス倉庫の詳細情報とはID番号、住所、修理場の有無や燃料スタンドなどの施設関連情報などである。バス停留所とバスターミナ

ル詳細情報とは、名称、緯度、経度、道路名などである。GPS 車載器の詳細情報とは、ID 番号、メーカー名、購入日や部品等である。

- ・ ルートモジュールの機能

ルートモジュールは、バス運行ルートの起終点と、起終点の間の停泊場所を定める。ルートデータベースはシステム上で、市バスが走行する全てのルートに対して、地図上に「ジオフェンス」という境界を定義する。ジオフェンスとは、バスルート上に定義した仮想的な境界である。これにより、例えば、バスが特定の停留所に入出入りすると通知を発したり、本来走行すべきルートから逸脱したような場合に警告を発したりする。

下図に、ジオフェンスの事例を示す。



(出典：Google mapを使用してJICA調査団が作成)

図 6. 44 ジオフェンスの事例

- ・ 旅行計画機能

市内の異なるルートへの適正なバスの配置を合理化するもので、ルート番号、旅行数、旅行開始時間などを含み、乗客の数、乗客の移動方向、一日の時刻、運転手の勤務時間帯などの検討に利用する。これらを基に、バスルートやバスサービス時間帯の見直しを行う。

- ・ 運行再スケジューリング機能

バスの故障や、渋滞による遅延などの場合に必要な再スケジュールを行う。これにより、何かあった場合にオペレーターが運行再スケジューリング手順に従って、必要なアクションをとることができるよう支援する。本機能は、旅行計画機能と旅行監視機能と連携する。

- ・ 旅行監視機能

バスが計画どおりに運行されているか、運行状況の監視と分析を行うものである。本機能は、旅行計画機能から参照情報として、計画された旅行情報を取得し、機能する。

現在のバスの位置と運行スケジュールされた位置が合致しているかを継続的に監視する。もし、運行スケジュールからの逸脱が識別された場合、センターのオペレーターに対して警告を発する。継続的な運行再スケジュール化を可能とするために、運行再スケジューリング機能とも連動する。

- ・ バス位置認識機能

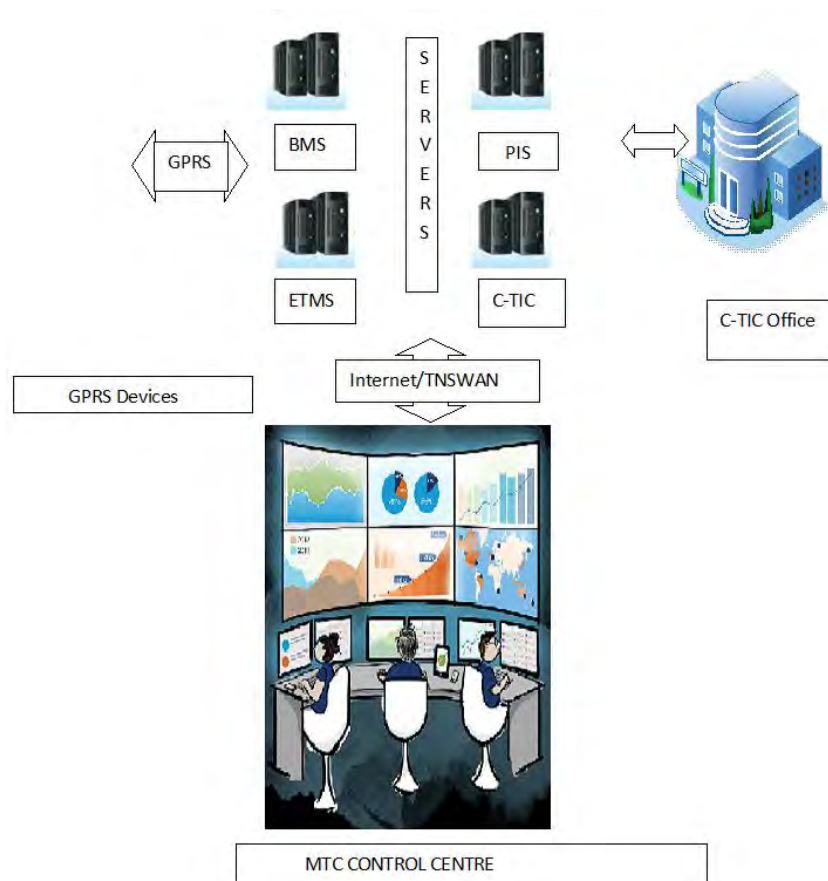
バスの現在位置の詳細を把握し、旅行監視システムへ渡す機能を実装する。

バスに設置されてあるGPS車載器から、バスの緯度・経度及び時刻情報などを継続的に収集する。

(注：上記は、市バス運行管理システムの主な機能について概要を示したものであり、機能の詳細化についてはさらに詳細な検討が必要である。)

(6) 整備計画

下図に、整備計画の概要を示す。



(出典：Compass icons 及びPinterest ウェブサイト掲載図を使用して JICA 調査団が作成)

図 6. 45 整備計画の概要

- ・ GPS 車載器

GPS 車載器は、計 3, 800 台の全ての市バスに設置することが望ましい。

- ・ センターサーバー

センターサーバーはタミル・ナド州データセンターに設置することが推奨される。通信設備や高いセキュリティーを備えたタミル・ナド州データセンターに設置することにより、データの保護が確保されるとともに、維持管理コストの削減が可能となる。

- ・ コントロールセンター

コントロールセンターには、オペレーター用操作卓、大型ディスプレイや通信ネットワークシステム及び、継続した運用を可能とするための無停電電源装置など備える。センターサーバー

の通信は、インターネットサービスプロバイダーあるいは、タミル・ナド州の広域エリアネットワークを利用することが望ましい。

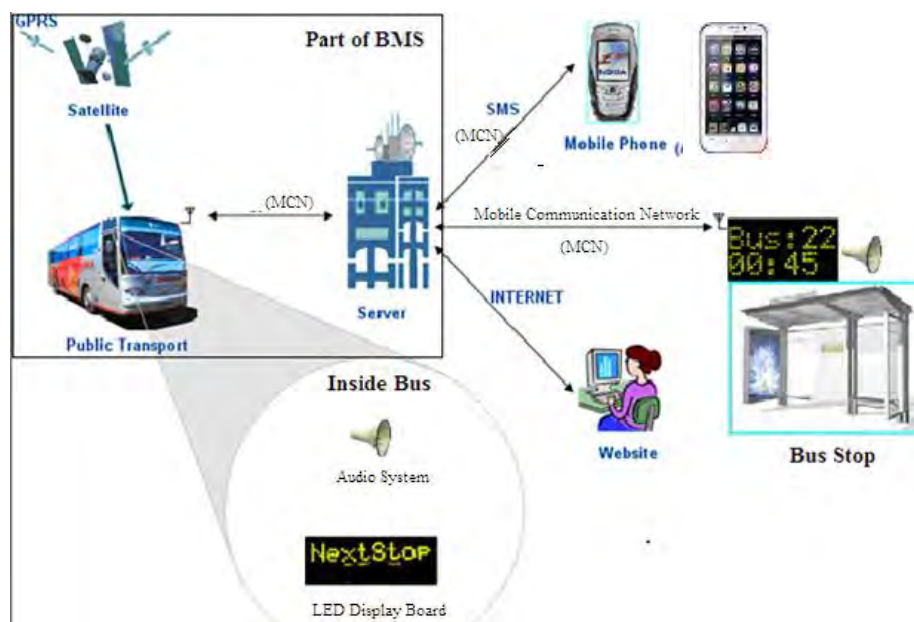
6.4.2 市バス情報提供システム

(1) 目的

市バス情報提供システムの目的は、バスの利用者にバスルート、各バス停での到着・発信時刻などを提供するものである。これらの情報は、バス停留所やバスターミナルの電光掲示板又はインターネットやスマートフォン用アプリで利用者に提供される。

バス停留所やバスターミナルに設置される電光掲示板は、利用者によって容易に認識が可能な場所に設置されることが重要である。

下図に、市バス情報提供システムのイメージを示す



(出典：Compass icons及びPinterestウェブサイト掲載図を使用してJICA調査団が作成)

図 6. 46 市バス情報提供システムのイメージ図

(2) 市バス情報提供システムの機能

市バス情報提供システムは、市バス運行管理システムにより生成されたデータを活用し、上図に示したように、各情報媒体を通して利用者に提供される。

バス停留所やバスターミナルの表示板には、バス番号、到着予定時刻、出発予定時刻、目的地等を表示する。

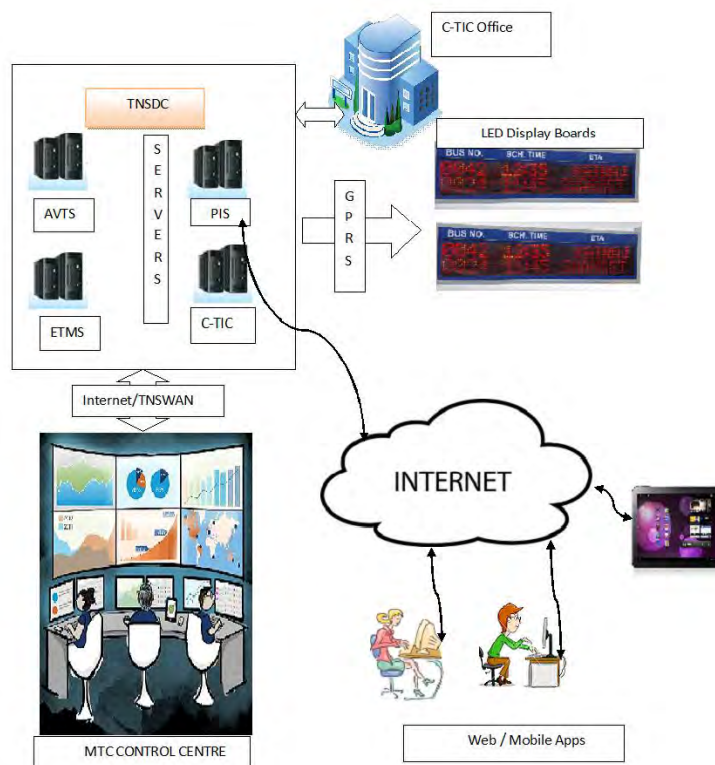
インターネット及びスマートフォンのアプリでは、下記のようにより多くの情報を提供する。

- 起終点間のバスルート、バス番号、乗り換え場所、旅行時間や運賃等
- バス停留所やバスターミナルでの到着予定時刻、出発予定時刻
- 他の交通機関との乗り換え場所、など

上記に加え、バスの車内に設置された電光掲示板で、次の停車場所の名称を表示するとともに、到着少し前に音声でアナウンスをする。

(3) 整備計画

下図に整備計画の概要を示す。



(出典：Compass icons及びPinterestウェブサイト掲載図を使用してJICA調査団が作成)

図 6. 47 整備計画の概要

- 市バス情報提供システムサーバー

市バス情報提供システムサーバーは、タミル・ナド州データセンターにおかれ、市バス運行管理システムからのデータと情報を基に、電光掲示板やインターネット又はスマートフォンによって乗客に提供するための情報を生成する。

- 電光掲示板

バス停留所やバスターミナルに設置する電光掲示板はGPRS通信機能を実装し、携帯通信網を通じて市バス情報提供システムサーバーと接続し、一定の時間間隔でメッセージ情報を取得し表示する。

市バス事業者であるチェンナイ都市圏交通公社から提供された情報によれば、チェンナイ都市圏には、チェンナイ市が所有する約3万か所のバス停留所、及び、チェンナイ都市圏交通公社が所有する31か所のバスターミナルが存在する。各バスターミナルにバスの発着のための乗

降スペースが複数存在する。これを踏まえ、バス路線毎の発着情報を表示する LED 情報板は少なくともバスターミナル毎に最低 10 基（計 310 基）必要であると想定され、各バスターミナル発着の運行情報を表示する大型電光掲示板はバスターミナル毎に最低 1 基（計 31 基）必要であると想定される。また、3,800 台の各市バスに設置する車内用の 1 基の LED 情報板（計 3,800 基）が必要となる。（後述する概算整備費用はこれを基に算出した。尚、上述したチェンナイ市が所有する市内のバスの停留所は屋根が設置されていないものや、電源・通信ケーブルの引き込み等に問題のある個所等も存在し、LED 情報板が設置可能なバス停留所は別途詳細な調査が必要となるため、概算整備費用には含めていない。また、上記に述べたバスターミナルにおける LED 情報板や大型電光掲示板の数量についても、視認性や各バスターミナルにおけるバスの発着のための乗降スペース等を踏まえ、別途詳細な調査が必要となる。）

- ・ インターネット・スマートフォンのアプリ

インターネット、スマートフォンやタブレットにアプリケーションをダウンロードすることにより、バス運行情報を取得する。

- ・ コントロールセンターのオペレーター

コントロールセンターのオペレーターは市バス情報提供システム専属が望ましい。オペレーターは、表示板に表示されている情報が正確か否かを確認し、また機器の診断システムによる表示板の状態を監視する。

6.4.3 市バス運賃支払いシステム

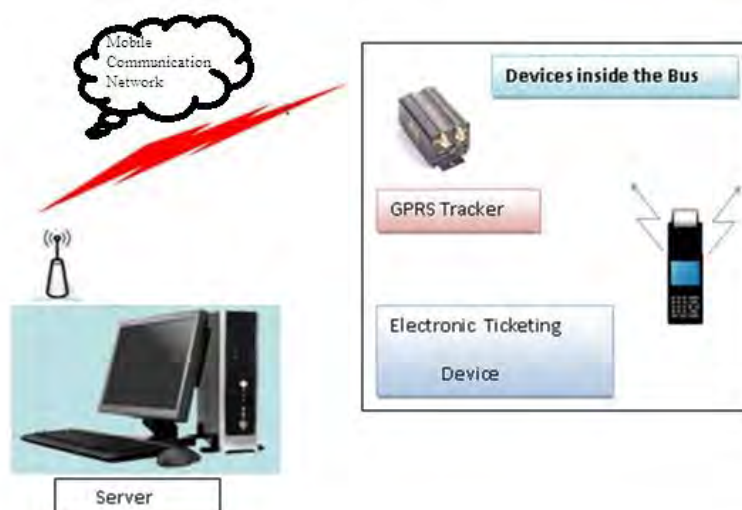
(1) 目的

市バス運賃支払いシステムの目的は、乗車券を自動発券し、乗客の利便性を向上し、また料金徴収管理を効率化することである。システムの導入により、乗車券の手動による発券作業や、車掌の勤務時間管理、収入管理等が効率化する。

なお、市バス運賃支払いシステムにスマートカード機能を導入することによって、この他にも、以下のような事項に貢献する。

- 現金払いの最小化
- 紙の切符の削減
- 他の交通機関との乗り換えの利便性の向上（共通スマートカードの場合）
- 学生や高齢者に対する柔軟な割引サービス
- 公平な対距離課金の実現
- 乗客のトリップ情報をビッグデータとして解析することによるバス運行ルートや運行時間の改善、バスの台数の最適化など

下図に、市バス運賃支払いシステムのイメージを示す。



(出典：JICA調査団)

図 6.48 市バス運賃支払いシステムのイメージ図

徴収した運賃に関する情報・データは、オンラインによるリアルタイム或いは車掌の交代などのタイミングでバッチ処理にてセンターサーバーに送られる。センターサーバーはデータを処理、分析し、収入管理に必要な報告を作成する。

下図に、電子発券端末の例を示す。



(出典：Quantum Power Systems)

図 6. 50 電子発券端末 (例)

電子発券端末は、中央処理装置 (CPU)、タッチパッド、表示板、熱式プリンター、スマートカードリーダーなどから構成される。車掌が携行する携行型であり、電池で稼働する。乗車区間ごとに徴収した運賃や、車掌の交代毎の収入管理に係るレポート作成機能も実装する。

(2) 整備計画

- 電子発券端末

各バスの車掌は、電子発券端末を携行し、発券作業やスマートカードの認証を行う。

通常、バス一台に対して、二人の車掌が割り当てられているため、合計7600台の電子発券機を準備することが望ましい。収入の詳細はタミル・ナド州データセンターに設置されるセンターサーバーに送信される。

- センターサーバー

センターサーバーは、タミル・ナド州データセンターに設置され、バス運行管理システムから情報を取得する。

- コントロールセンターのオペレーター

コントロールセンターのオペレーターは市バス運賃支払いシステム専属が望ましい。オペレーターは、時間単位、日単位、週単位、月単位、バスルート単位の収入の集計や確認といった収入に関する管理や報告を行う。

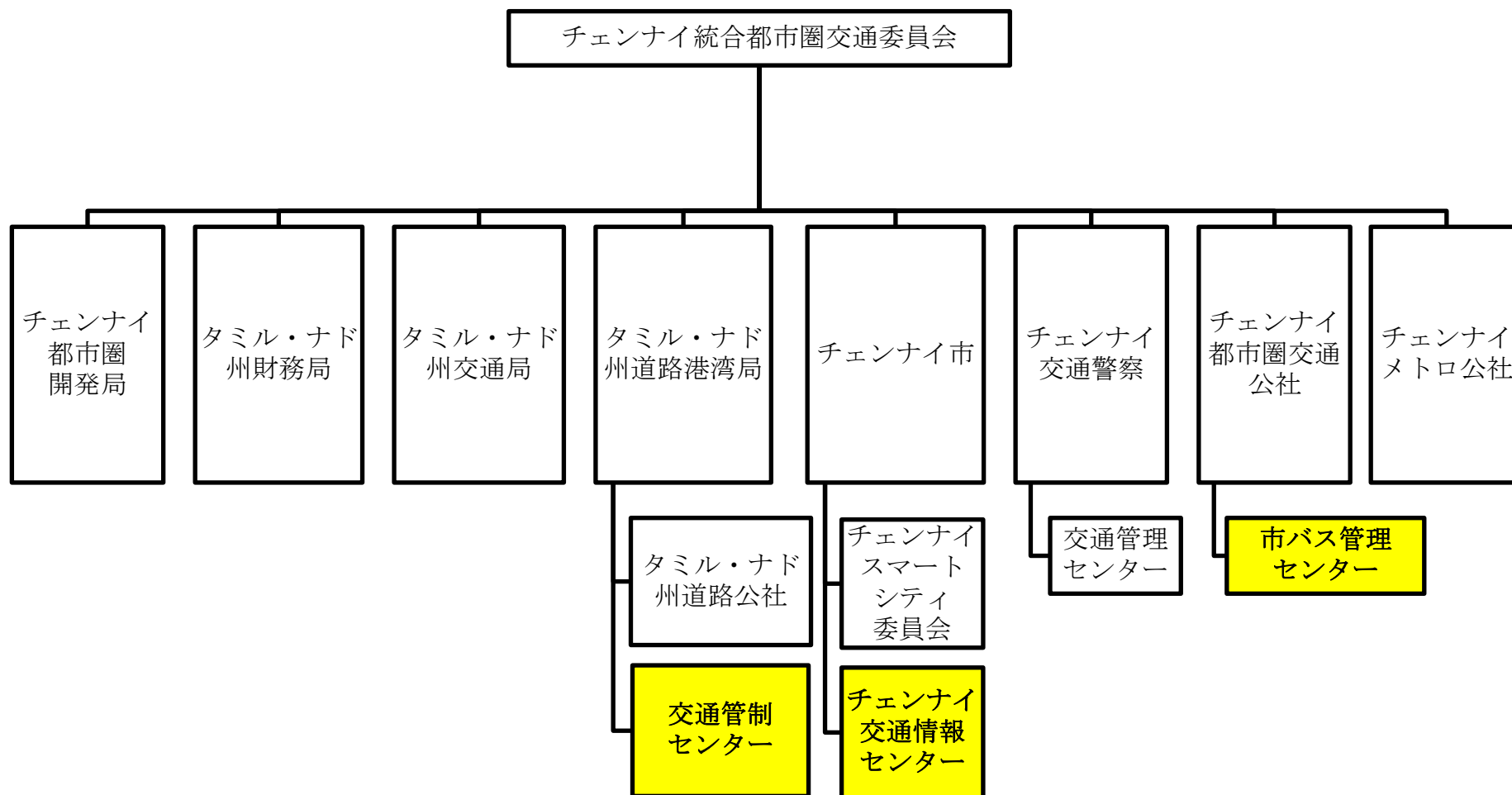
6.4.4 公共バスの I T S の現況

現在、チェンナイスマートシティー公社は、“市バスへの I T S 導入”の入札を計画しており、2017年2月を目標に公示の準備を進めている。内容は、上記で記載した全てのバスのシステム（市バス運行管理システム、市バス情報提供システム、市バス運賃支払いシステム）を一括して発注する予定である。

7 チェンナイにおける I T S の関係機関

7.1 組織構成案

次ページにチェンナイにおける I T S 関係機関の全体的な組織構成イメージを示す。チェンナイ交通情報センター、チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター、市バス管理センターの3つの新しいセンターが設置される。前章で述べたようにチェンナイ統合都市圏交通委員会がチェンナイの交通セクターにおける意思決定、関係機関の意見調整を行う。I T S は、適切な運営、維持管理、計画、及び更新を継続して実施してゆくにあたって、分野横断的な事項に対処することが必要となる。したがって、関係機関の関与と関係機関との間での調整が重要となる。そのため、これらのセンターは次ページの図で示されるチェンナイ統合都市圏交通委員会の枠組みの下、それぞれの機関の下に設立されることが望ましい。また、関係機関の代表者で組織されるワーキンググループを組織し、意見／情報交換を行うための会議を定期的を開催することが推奨される。参加者にはチェンナイ統合都市圏交通委員会参加の機関、インド工科大学チェンナイ校やアンナ大学等の研究機関、N G O 等を含むことが望ましい。

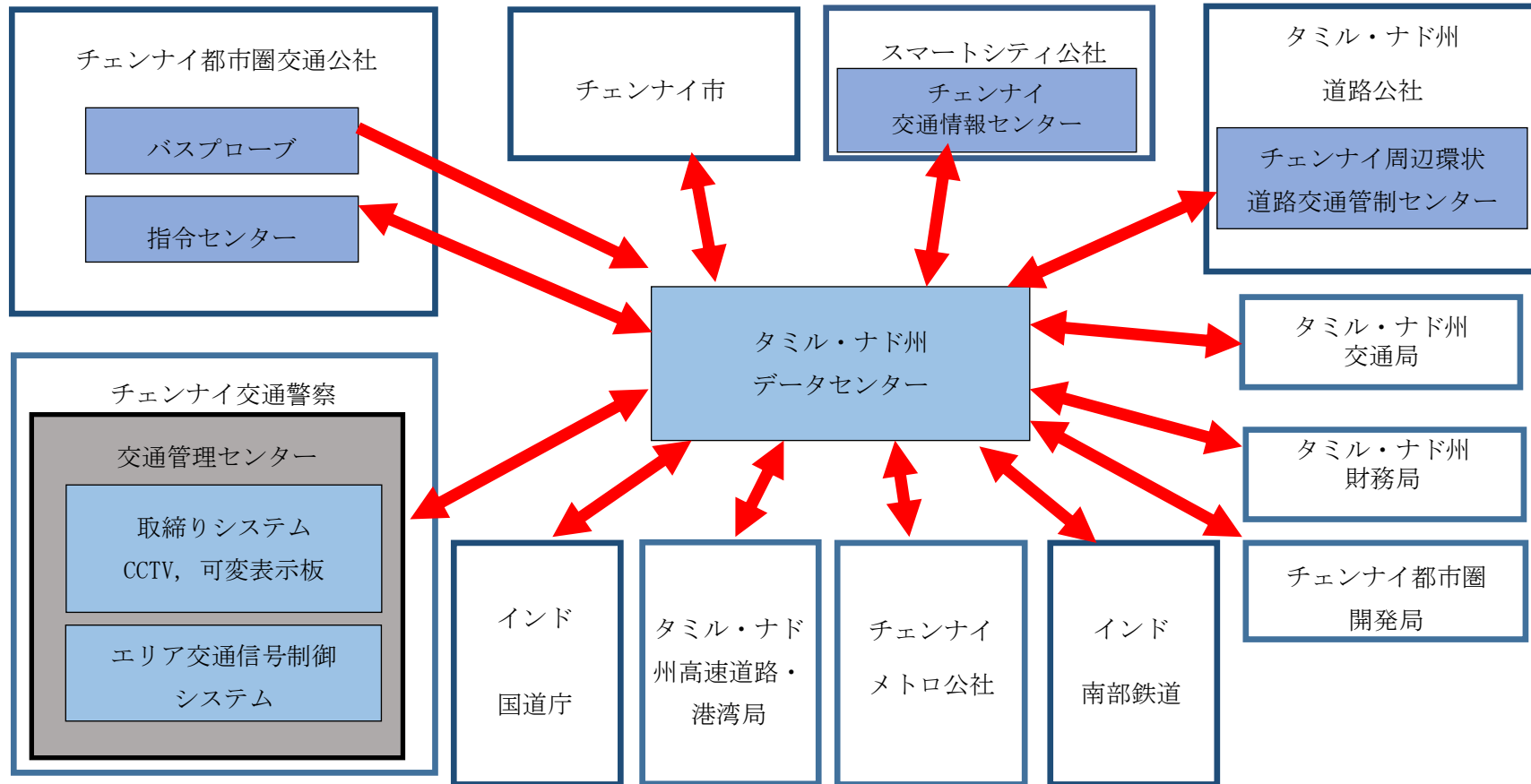


(出典：JICA調査団)

図 7.1 チェンナイにおけるITS関係機関の全体的な組織構成イメージ

7.2 関連機関とデータ／情報交換

次ページに関連機関とデータ／情報交換の流れを示す。新しいセンターの中央サーバーは高いセキュリティ対策と十分な維持管理が期待できるタミル・ナド州データセンターへの設置が推奨される。図に示されるようにデータや情報はタミル・ナド州データセンターに設置された中央サーバーを通じて関係機関と交換される。各々の機関の役割は、次節で説明する。



(出典：JICA調査団)

図 7.2 関係機関とデータ/情報交換

7.3 I T S コンポーネントのための機関の役割

7.3.1 新センターの責任組織

(1) チェンナイスマートシティ公社

タミル・ナド州政府によってチェンナイスマートシティ公社が設立された。これは、スマートシティミッションの下、スマートシティの実施のための特別目的事業体として設立されたものである。株主はタミル・ナド州政府、チェンナイ市である。特別目的事業体の目的の一つにスマートシティとして選定されたエリアにおける I T S の実施も含まれている。

スマートシティ公社がチェンナイ交通情報センターの責任機関となることが提案される。理由は以下のとおり。

- スマートシティ公社の目的の一つは I T S を実施することとされている。一方でチェンナイ交通情報センターは以下を目的としている。
 - ✓ 道路／交通の状況をリアルタイムで利用者に情報提供すること。
 - ✓ 蓄積されたデータを効果的な道路・交通計画、運営、維持管理に活用すること。
 - ✓ 関係政府機関の間でチェンナイ交通情報センターによって生成された情報を共有すること。

両者の目的は合致するため、チェンナイ交通情報センターはスマートシティ公社の傘下に入る事が望ましいと判断される。

- チェンナイ交通情報センターは市バスからプローブデータを収集し、混雑状況や目的地までの予想到着時間等を利用者に提供する。蓄積されたデータや生成された情報は、関係する政府の機関にも共有される。ゆえにチェンナイ交通情報センターの活動範囲はスマートシティ公社と同様に多くの政府機関と関係する。チェンナイスマートシティ公社の理念を実現するためには、関係する政府の機関との綿密な連携とデータの収集が重要な事項で

ある。したがって、チェンナイ交通情報センターによって収集されたデータはチェンナイスマートシティ公社の活動を補佐することになる。

(2) タミル・ナド州道路公社

チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターは、道路の管理及び利用者への情報提供のために設立されることを推奨している。

以下の理由でタミル・ナド州道路公社をチェンナイ周辺環状道路の交通管制センターの責任機関とすることが提案される。

- タミル・ナド州道路公社はチェンナイ周辺環状道路セクション1(エンノール港~国道5号間25km)の建設の実施機関であり、また外環状道路の管理者でもある。外環状道路の終点はミンジュールに位置し、外環状道路の支線の終点もミンジュール周辺となり、両幹線道路はこの場所でバイパスによって接続される計画である。そのため、タミル・ナド州道路公社はチェンナイ北部におけるエンノール港へ通じる全ての主要道路を担当することになる。外環状道路とチェンナイ周辺環状道路間の情報交換等、タミル・ナド州道路公社が管轄すれば円滑に実施できることになる。
- タミル・ナド州道路公社は州道49A号と州道49号の二つの有料道路の管理者であり、システムの管理やメンテナンスの経験を有している。
- なお、チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターの運営管理に関し、以下の点について推奨しておく。
- チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターは道路上に路側機器から様々なデータを収集する。適切に設備の維持管理を実施するためには、管制センターと維持管理チームが互いに密に連携し、意思疎通を図ることが重要である。このため、管制センターと維持管理チームは同じ建物に位置することが推奨される。
- 道路工事や舗装の損傷、斜面崩壊など交通に影響をあたえる重要な情報はチェンナイ周辺環状道路の交通管制センターより確実に提供される必要がある。よって、これらの情報は、維持管理パトロールや道路利用者などを通じてタイムリーに収集されるよう取り計らうことが重要である。

(3) チェンナイ都市圏交通公社

本調査では市バス運行管理システム、市バス情報提供システム、市バス運賃支払いシステムの導入を推奨している。これらのシステムは市バスのシステムであるため、チェンナイ都市圏交通公社の管轄におかれることになる。

チェンナイ都市圏交通公社は3800台の市バスを運航しており、そのバスネットワークはチェンナイ都市圏の主要な道路を網羅している。もし、全ての市バスにGPS機器が設置されれば、これらの機器からプローブデータが取得でき、チェンナイ交通情報センターによってチェンナイの道路網の混雑状況の分析や動的な渋滞情報の生成などのために活用できるという大きな潜在力を秘めている。

これを考慮してGPS機器を市バス運行管理システムの一つの構成要素として導入し、チェンナイ交通情報センターはここから得られるデータを活用する。

チェンナイ都市圏交通公社は市バス運行管理システムとGPS機器、及び市バス情報提供システムと市バス運賃支払いシステムの運用と維持管理を実施することになる。

7.3.2 その他の組織

(1) タミル・ナド州データセンター

タミル・ナド州データセンターはタミル・ナド州政府機関のデータセンターである。このセンターは停電時にも継続的に電力が供給される電源設備、十分な情報通信ネットワークが整っており、セキュリティ対策や外部からの侵入者に対する物理的な防護体制も施させているなど、理想的な環境を有している。州政府のコンピューターシステムのサーバーはこのセンターに導入されており、サーバーの運用やシステムの維持管理が行われている。本調査で提案したITSコンポーネントの中央サーバーをこのセンターに設置し、運営維持管理をここに委託することを提案する。これによって各機関の業務負荷や維持管理コストが軽減され、またデータや

情報のセキュリティが確保される。全ての情報やデータはこのデータセンターを通じてやりとりされることになる。

(2) チェンナイ交通警察

本調査ではエリア交通信号制御システムと可変表示板システムの導入を提案している。信号の管理と交通情報の提供は市内の交通を制御するという観点から交通警察の管轄におかれることが想定される。そのため、エリア交通信号制御システムと可変表示板システムはチェンナイ交通警察の下で導入され、管理されることが望ましい。

渋滞情報はバスプローブデータを元にチェンナイ交通情報センターで計算され、結果をチェンナイ交通警察の交通管理センターに送信する。そして交通管理センターの管轄の下に導入された可変表示板より渋滞情報や主要な目的地までの予想到着時間といった動的な交通情報を自動的に表示する。加えて、交通事故などの交通イベント情報を必要に応じて、交通警察によって手動で入力し、併せて可変情報板から表示する。

(3) タミル・ナド州高速道路・港湾局

タミル・ナド州高速道路・港湾局は内環状道路の道路管理者である。道路工事の予定や工事の完了、道路の閉鎖などの道路情報をタミル・ナド州高速道路・港湾局よりチェンナイ交通情報センターに伝達する。チェンナイ交通情報センターはこれらの情報を加味した上で、道路利用者に対して情報提供する。チェンナイ交通情報センターで収集・蓄積された各種の経年データや分析結果などをタミル・ナド州高速道路・港湾局に対して共有し、道路の計画や維持管理、プロジェクトの評価等に活用する。

(4) インド国道庁

インド国道庁は国道5号、205号、4号、45号、チェンナイバイパス道路などの主要な幹線道路の道路管理者である。道路工事の予定や工事の完了、道路の閉鎖などの道路情報をインド国道庁よりチェンナイ交通情報センターに伝達する。チェンナイ交通情報センターはこれらの情報を加味した上で、道路利用者に対して情報提供する。チェンナイ交通情報センターで収集・蓄積された各種の経年データや分析結果などをインド国道庁に対して共有し、道路の計画や維持管理、プロジェクトの評価等に活用する。

(5) チェンナイ都市圏開発局、タミル・ナド州交通局、タミル・ナド州財務局、チェンナイ・メトロ公社

チェンナイ交通情報センターで収集・蓄積された各種の経年データや分析結果などをこれらの期間に対して共有し、道路交通に係る計画や交通調査など各種調査等に活用する。例えば特定の道路の交通量・旅行速度・ピーク／オフピーク時間の推移、年単位、月単位の統計情報などを共有し、彼らの計画に役立てる。

(6) チェンナイ市

チェンナイ市は市内の道路の管理者であり、多くの市内道路は主要幹線道と接続する。道路工事の予定や工事の完了、道路の閉鎖などの道路情報をチェンナイ市よりチェンナイ交通情報センターに伝達する。チェンナイ交通情報センターはこれらの情報を加味した上で、道路利用者に対して情報提供する。チェンナイ交通情報センターで収集・蓄積された各種の経年データや分析結果などをチェンナイ市に対して共有し、道路の計画や維持管理、プロジェクトの評価等に活用する。

また、大雨により市内道路の地下構造部分で水位が危険なレベルに達した場合はチェンナイ交通情報センターよりチェンナイ市へ通知する。

チェンナイ市はスマートシティー構想の下設立された特定目的事業体であるチェンナイスマートシティ公社の株主の一つであり、特定目的事業体の役員会議の議長はチェンナイ市の理事でもある。チェンナイ交通情報センターは前述したとおりこの特定目的事業体の下に設立される可能性がある。したがって、チェンナイ交通情報センターに関する諸々の意思決定や関係機関の間でのハイレベルな調整等についても、チェンナイ市の理事が議長を務める特定目的事業体を通じてなされることも可能となる。

学術研究機関の関与の推奨

インド工科大学チェンナイ校とアンナ大学はタミル・ナド州政府機関と活発に I T S に係る研究開発活動を行っている。学術研究機関の研究開発に役立てるため、チェンナイ交通情報センターに蓄積された交通データを彼らの要求に応じて情報共有することが推奨される。

7.4 チェンナイ交通情報センターと関係機関の関与

本節ではチェンナイ交通情報センターの役割と関係機関がどのように関わるのかについて説明する。

7.4.1 チェンナイ交通情報センターの役割：蓄積データの活用

チェンナイ交通情報センターにて収集・処理・蓄積されたデータや情報は以下のように活用される。以下に、主な活用例を示す。

- 渋滞の開始点を明らかにすることによる交通渋滞の原因の究明
- ピーク時間、渋滞長の変化を明らかにすることによる代替ルートを検討
- 道路利用者に対して事前に交通状況を通知し代替ルートの利用を促すことを目的とした渋滞の予測
- 天候や工事による道路や車線の閉鎖などの影響の把握

-
- 大型車両の混入率と舗装破損の相関性の把握
 - 渋滞状態の変遷と傾向の蓄積 滞プロジェクト事前事後の交通状況の比較による道路、メトロ、フライオーバー等の整備効果の把握
 - 大雨時における浸水ルート及び利用可能ルートの把握や予測予測

7.4.2 関係機関との情報交換

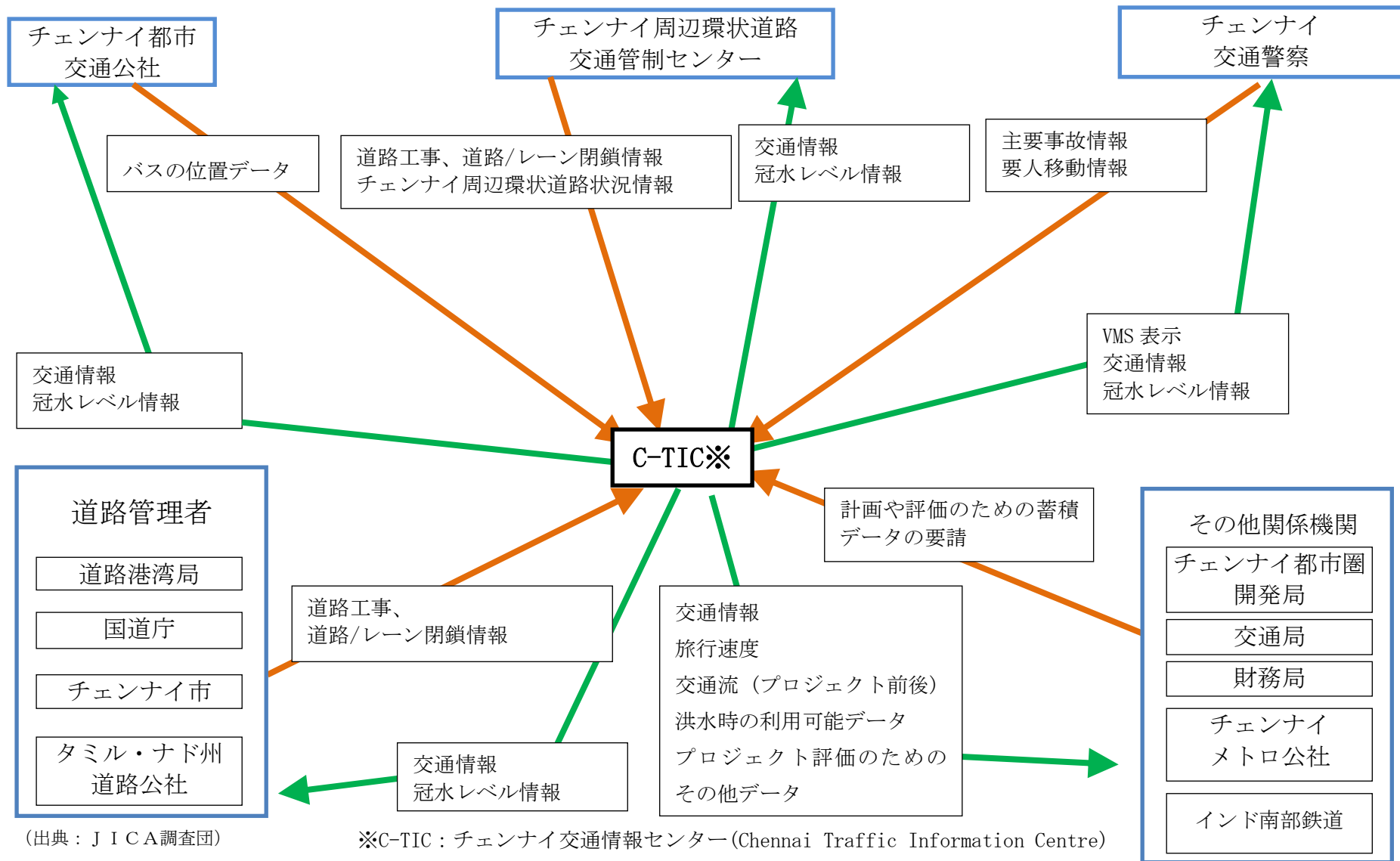
以下の表及び図に関係機関の役割とチェンナイ交通情報センターと各関係機関との情報交換を示す。

表 7.1 チェンナイ交通情報センターと関係機関との交換情報

組織名	組織の役割	交換情報の内容	
		C-T I Cから※	C-T I Cへ※
タミル・ナド州データセンター	チェンナイ交通情報センターサーバーの運営管理	なし	なし
タミル・ナド州道路公社	チェンナイ周辺環状道路（セクション1）、外環状道路、州道49A号、州道49号等のチェンナイ市の主要道路の道路管理 チェンナイ周辺環状道路の交通管制センターの管轄（予定）	市内道路の交通情報 大雨による冠水水位レベル情報	管轄下の道路情報（道路の工事、レーン／道路閉鎖情報など）
チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター	チェンナイ周辺環状道路の管理 端末からのデータ収集・処理及び道路利用者への交通、道路、天候等の情報提供 路側機器とセンターシステムの運営・維持管理	市内道路の交通情報 大雨による冠水水位レベル情報	チェンナイ周辺環状道路の道路情報（道路の工事、レーン／道路閉鎖情報、事故情報など） チェンナイ周辺環状道路の交通量、渋滞情報
チェンナイ都市圏交通公社	市バスの管理 市バスシステムの運営管理 バスに設置されたGPS機器より得られるデータの収集・処理	市内道路の交通情報 大雨による冠水水位レベル情報	バスの位置情報（タミル・ナド州データセンターサーバーからチェンナイ交通情報センターが直接収集）
チェンナイ交通警察	違反車両の取り締まり チェンナイにおける一般道路の交通管理 利用者への道路交通情報提供 路側機器の維持管理	渋滞の推定結果と目的地への到着予想時間 市内道路の交通情報 大雨による冠水水位レベル情報	主な事故情報 要人の移動情報など
タミル・ナド州高速道路・港湾局	チェンナイ周辺環状道路（セクション2～5）等の州道の道路管理と調整	市内道路の交通情報 大雨による冠水水位レベル情報	管轄下の道路情報（道路の工事、車線／道路閉鎖情報など）
インド国道庁	国道45号、4号、5号、205号等の国道における道路管理と調整		
チェンナイ市	チェンナイ市の道路管理とその他インフラの計画・運営維持管理と調整		
チェンナイ都市圏開発局	マスタープラン、都市開発計画等、チェンナイ都市圏の計画	特定の道路の交通量推移 ピーク時間、オフピーク時間の旅行速度 プロジェクト事前事後の交通流変化 洪水発生時の利用可能道路 プロジェクト評価のためのその他情報	計画や評価に利用するための蓄積データや情報等の要請
タミル・ナド州交通局	自動車登録管理 ナンバープレート、運転免許の発行 自動車排気ガス規制		
タミル・ナド州財務局	インフラ開発プロジェクトの推進 プロジェクト予算準備 FS調査報告や詳細計画の準備		
チェンナイメトロ公社	チェンナイメトロの運営管理		

※C-T I C：チェンナイ交通情報センター（Chennai Traffic Information Centre）

（出典：JICA調査団）



(出典: JICA調査団)

※C-TIC: Chennai Traffic Information Centre (Chennai Traffic Information Centre)

図 7.3 チェンナイ交通情報センターと関係機関の情報交換イメージ

8 概算費用

ITSコンポーネントの概算費用を以下の表に示す。長期の概算費用については諸々の要素について現時点では確定的ではないため、含めていない。

表 8.1 ITSコンポーネントの概算整備費用

ITSコンポーネント		機器費	年間運営維持 管理費	機器費	年間運営維持 管理費	機器費	年間運営維持 管理費
		短期(ステージ1)		短期(ステージ2)		中期	
チェンナイ交通情報システム	チェンナイ交通情報センター (含:プローブシステム、インターネットシステム)	43.5	7.3		7.3	1.4	7.4
	交通量計測システム	22.6					
	冠水計測・警告システム	7.0					
小計		73.1				1.4	
市バスシステム	市バス運行管理システム	14.6	13.0		13.0		13.0
	市バス情報提供システム	38.7					
	市バス運賃支払システム	76.6					
小計		129.9					
交通管理システム	交通管理センター	8.7	18.2	0.6	40.5 (18.2+22.3)		40.5
	エリア交通信号制御システム	146.6		222.6			
	CCTV交通監視システム	4.7					
	可変表示板システム	21.9					
小計		181.9		223.2			
チェンナイ周辺環状道路の ITS	交通管制システム					150.1	15.0
	料金徴収システム(含:動的軸重計測システム)					30.6	3.1
小計						180.7	
合計		384.9	38.5	223.2	60.8	182.1	79.0

機器費合計	790.2
-------	-------

※上記の各ITSコンポーネントに10%の予備費を見込む

※交差点改良のための最小限の土木工事費はエリア交通信号制御システムの機器費に含まれる

※年間運営維持管理費は初期コストの10%と見積もる

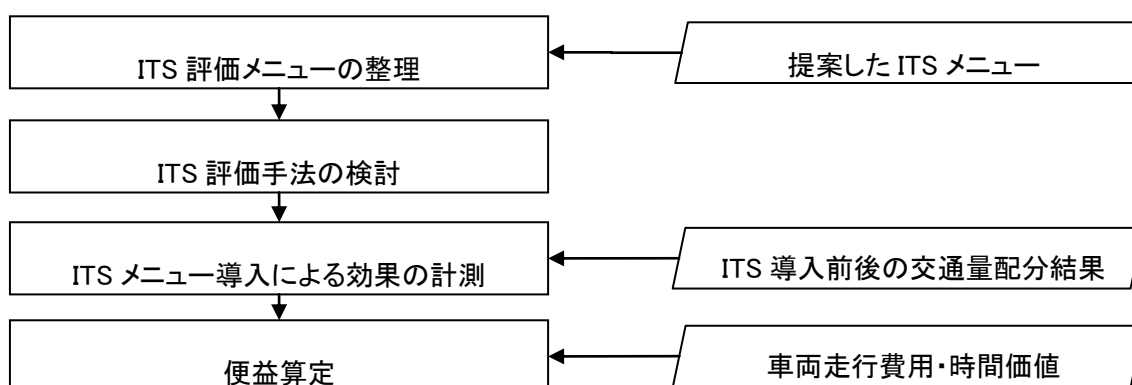
(出典: JICA調査団)

9 ITS コンポーネントの評価

9.1 目的・手順

本章では ITS 導入による効果の計測を行う。ITS 評価の実施フローを図 9.1 に示す。

交通量配分により ITS の効果計測を行う。ITS メニュー導入前後の交通シミュレーション結果を比較して、ITS の効果を計測する。そのため、評価が可能な ITS メニューは交通流動に直接影響を与えるものに限定される。情報提供や信号制御は交通流に大きく影響するため評価対象とする。ITS 導入により車両走行費用及び旅行時間費用が低減した分を金銭価値化することで、便益算定を行う。



(出典：JICA 調査団)

図 9.1 ITS 評価の実施フロー

9.2 ITS 評価メニューの整理

提案した ITS メニューの評価内容を表 9.1 に示す。

情報提供および信号制御に関する ITS メニューを評価対象とした。情報提供に関する ITS メニューは情報の取得・管理・提供の各段階に存在する（図 9.2 参照）。そのため、これら
を評価対象とした。

交通流動に直接影響を与えない ITS メニューについては、評価対象から除外した。

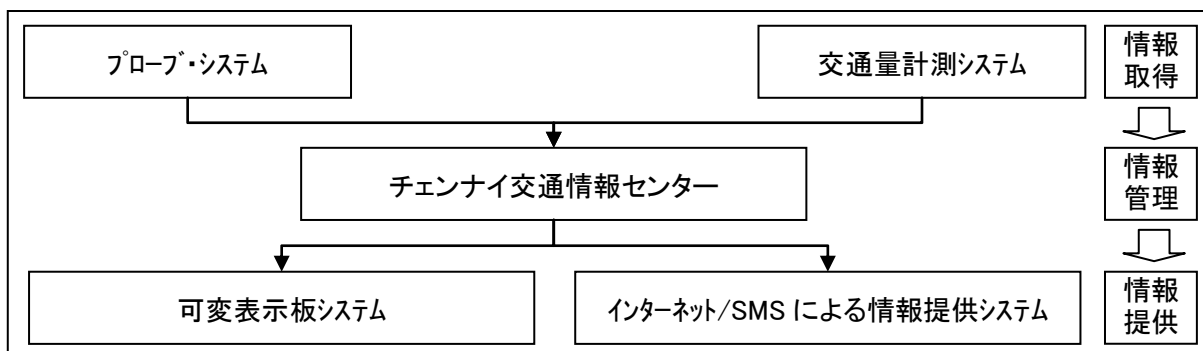
料金徴収システムは、料金徴収を自動化することで料金所における待ち行列を解消し、旅行時間の短縮を図ることができる。ただし、料金徴収システムは、チェンナイ周辺環状道路のセクション 1 の付帯設備であり、その効果は料金徴収システム単体ではなくチェンナイ周辺環状道路建設を含めた形で評価すべきである。チェンナイ周辺環状道路建設にかかる費用についてはまだ不透明であるため本検討では評価対象から除外した。

市バスの利便性向上に関するシステムについても、様々な効果が期待される。市バスの管理センターや運行管理システムは、バスの運行ルートを間違えるドライバーを監視・管理することで、市バス利用者への安定したバスサービスの提供が可能となる。市バスの情報提供システムは、利用者のバスの待ち時間を短縮するとともにいつ来るのかわからないといった不安も解消される。運賃支払いシステムは、バス乗降時の運賃支払いの待ち行列が解消される。その結果、バス停における停車時間が短縮され、旅行時間の短縮につながる。このようなバス利用者へのサービス向上は、バス利用者の増加につながる。ただし、本検討では市バス以外にも様々な公共交通に関する施策を導入した場合の公共交通シフトを見込んでいる。そのため、本検討では市バスに関するシステムを評価対象から除外した。

表 9.1 ITS 評価メニューの整理

	ITSメニュー	評価内容
1)	チェンナイ交通情報センター	情報提供による効果計測（情報管理）
2)	交通警察の交通管理センター	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
3)	チェンナイ周辺環状道路の交通管制センター	高速道路付帯設備であるため対象外とする。
4)	プローブ・システム	情報提供による効果計測（情報取得）
5)	交通量計測システム	情報提供による効果計測（情報取得）
6)	CCTV交通監視システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
7)	CCTVによる違反車両取締	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
8)	ナンバープレート認証システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
9)	洪水時の水位計測・警報システム	災害時のみ効果が発現するため対象外とする。
10)	可変表示板システム	情報提供による効果計測（情報提供）
11)	料金徴収システム	高速道路付帯設備であるため対象外とする。
12)	インターネット/SMSによる情報提供システム	情報提供による効果計測（情報提供）
13)	交通信号制御システム	信号制御による効果計測
14)	動的軸重計測システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
15)	事故データ管理システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
16)	市バス用指令センター	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
17)	市バス運行管理システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
18)	乗客への市バス情報提供システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
19)	市バス運賃支払いシステム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
20)	クリアリング・ハウスと相互運用カード	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
21)	駐車場管理システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
22)	道路台帳データベースと資産管理システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
23)	歩道/自転車道情報提供システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
24)	自転車シェア・システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。
25)	商業者運行管理システム	交通流動に直接影響を与えないため対象外とする。

（出典：JICA調査団）



(出典：JICA調査団)

図 9.2 情報提供に関するITSメニュー

9.3 ITS評価手法

9.3.1 ITSメニュー導入による効果の予測ケース

ITSメニュー導入による効果の予測ケースを表 9.2 に示す。信号制御システム+情報提供関連メニュー導入による効果計測を実施した。

表 9.2 ITSメニュー導入による効果の予測ケース

	ITSメニュー
ケース	信号制御システム+情報提供関連メニュー

(出典：JICA調査団)

9.3.2 ITSメニュー導入による効果の予測手法

ITSメニュー導入による効果の予測手法を表 9.3 に示す。

信号制御システムの導入効果については、交差点による遅れ時間の削減をリンク交通容量の増加とリンク旅行速度の向上により表現した。情報提供の導入効果は、対象道路ネットワークにおける交通流がより最適になることを多段階配分の配分回数を増加させることにより表現する。

(多段階配分では、OD交通量を分割して早く到着するルートに配分することを分割回数分繰

り返す。分割回数を増加することで、はじめの方の配分により混雑したルート为了避免してルートを選定するため、情報提供されて混雑箇所を迂回する状況を再現することができる)

ITS 導入により車両走行費用及び旅行時間費用が低減した分を金銭価値化することで、便益算定を行った。

表 9.3 ITSメニュー導入による効果の予測手法

ITS メニュー	ITSメニュー導入による効果の予測手法	
信号制御システム	Without Case	リンク条件： ・容量：現況再現時と同様のリンク交通容量を採用 ・速度：現況再現時と同様のリンク旅行速度を採用
	With Case	リンク条件： ・容量：信号制御システム導入交差点のリンク交通容量を10%増加 ・速度：信号制御システム導入交差点のリンク旅行速度を10%向上
情報提供 関連 メニュー	Without Case	推計手法： 全ての車両に対して多段階配分（5段階）を採用
	With Case	推計手法： Without Caseの可変情報板の設置位置におけるOD内訳を抽出し、抽出したODのみ多段階配分（10段階）を採用した。それ以外のODはWithout Caseと同様に多段階配分（5段階）を採用

(出典：JICA調査団)

なお、信号制御システムの導入によるリンク条件の変更は、以下の調査結果を参考にして設定した。

交通容量は、平日の交通状況を休日並みに改善させることを目標として設定した。表 9.4 は、チェンナイにおける交通量調査結果であり、2013年に実施されたものであり、表 9.5 は平休日別の集計結果である。平日は休日に比べて交通量が11%増加している。これより、平日の交通状況を休日並みに改善させるためには、約10%の交通容量増加が必要であり、これをリンク条件として設定した。

旅行速度は、日本における信号制御システム導入による旅行速度改善の事例を参考にして設定した。表 9. 6 に日本における信号制御システム導入による旅行速度改善効果を示す。信号制御システム導入により、旅行速度が 13%改善される結果が得られている。これより、信号制御システム導入により旅行速度が約 10%向上されるとして、リンク条件を設定した。

表 9. 4 チェンナイにおける交通量調査結果（2013年調査実施）

Daily variation of traffic (PCU)	TVC-1	TVC-2	TVC-3	TVC-4	TVC-5	TVC-6	TVC-7	TVC-8	TVC-9	TVC-10	TVC-11	TVC-12	TVC-13	TVC-14	TVC-15
	ECR	SH49	NH45	SH57	SH57	NH4	SH57	SH50	NH205	SH57	SH50	SH51	NH5	SH104	Minjur
Saturday	13,857	3,942	88,681	9,028	17,018	63,074	12,906	13,220	11,817	5,946	10,926	13,393	50,188	6,036	2,992
Sunday	13,815	4,096	80,613	5,553	25,114	50,714	10,003	15,637	10,354	5,311	10,962	13,940	40,092	5,556	3,149
Monday	12,850	3,948	95,155	10,586	26,815	64,086	13,161	14,689	12,627	6,357	10,393	13,840	53,718	6,056	3,149
Tuesday	11,862	4,176	95,028	10,492	26,269	62,232	13,640	13,628	12,079	6,359	11,470	14,139	55,421	5,728	3,077
Wednesday	13,276	4,491	94,941	10,609	25,936	64,456	13,773	14,337	10,614	5,448	12,394	15,177	44,941	5,714	3,223
Thursday	14,176	3,999	96,897	10,679	23,667	69,890	13,724	15,003	12,444	6,245	10,822	13,483	52,862	5,228	3,065
Friday	15,079	4,254	100,754	9,563	18,702	68,093	13,400	15,453	12,230	6,431	10,825	16,408	51,636	5,374	2,738

（出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書を基に JICA 調査団が作成）

表 9. 5 チェンナイにおける交通量調査結果の平休日集計

	平均交通量	平休日の交通量差 (平日－休日)	交通量増加率
休日	20,598	2,542	11%
平日	23,140		

（出典：チェンナイ周辺環状道路の詳細事業計画書を基に JICA 調査団が作成）

表 9. 6 信号制御システム導入による旅行速度改善効果

	信号機 設置前	信号機 設置後	差	改善率
	a	b	c = a - b	d = c / a * 100
旅行速度（平均値） (km/時)	23.35	26.45	3.1	13%

（出典：交通安全施設の効果測定報告書 平成 28 年 3 月（平成 27 年度実施）抜粋を基に JICA 調査団が作成）

9.3.3 車両走行費単価（VOC）の設定

走行距離（km）あたりのVOCが下記に示す項目に関して車種別に推計されている。それらは、a) 燃料費、b) オイル費、c) タイヤ費、d) スペアパーツ費、e) 維持管理のための労務費 f) 減価償却費、g) 乗務員費 と h) その他固定費である。

VOC単価は、車種別の速度状況によって設定されている。インド国内では、「Comprehensive Transportation Study for Mumbai Metropolitan Region（世銀による技術支援調査）」にて、VOC単価が設定されている。2005年のVOC単価を物価指標（WPI）に従い、2016年単価に換算した。なお、物価指標は2015年値までの公表であったため、2016年値は直近2年分の年増加率6.0%分が増加したケースを仮定した。2016年のVOC単価を下表に示す。

表 9.7 車両走行費単価（2005）

車種 (km/h)	二輪車 (ルピー/ 台km)	乗用車 (ルピー/ 台km)	バス (ルピー/ 台km)	LCV (ルピー/ 台km)	トラック・MAV (ルピー/ 台km)
10	2.49	6.11	26.06	18.30	25.41
20	1.89	4.11	17.92	12.31	17.67
30	1.74	3.29	16.40	10.00	15.04
40	1.55	2.88	14.63	8.78	13.65
50	1.57	2.82	13.58	8.08	12.25
60	1.63	3.05	15.47	8.20	12.57

(出典:Mumbai Metropolitan Region Development Authority)

表 9.8 インド物価指数 (Yearly Wholesale Price Index : All Commodities)

年次	指標	年増加率	備考
2005	100	—	
2006	104.47	4.5%	
2007	111.35	6.6%	
2008	116.63	4.7%	
2009	126.02	8.1%	
2010	130.81	3.8%	
2011	143.32	9.6%	
2012	156.13	8.9%	
2013	167.62	7.4%	
2014	177.64	6.0%	
2015	181.19	6.0%	
2016	199.60	6.0%	年6%増加と仮定した試算

(出典: Office of the Economic Adviser, Government of India, Ministry of Commerce & Industry, Department of Industrial Policy & Promotionを基に JICA 調査団が作成)

表 9.9 車両走行費単価 (2016)

車種 (km/h)	二輪車 (ルピー/台 km)	乗用車 (ルピー/台 km)	バス (ルピー/台 km)	LCV (ルピー/台 km)	トラック・M AV (ルピー/台 km)
10	4.97	12.20	52.02	36.53	50.72
20	3.77	8.20	35.77	24.57	35.27
30	3.47	6.57	32.73	19.96	30.02
40	3.09	5.75	29.20	17.52	27.25
50	3.13	5.63	27.11	16.13	24.45
60	3.25	6.09	30.88	16.37	25.09

(出典: JICA調査団)

9.3.4 旅行時間費単価 (TTC) の設定

表 9.10 に旅客車両の時間価値、表 9.11 に貨物車両の時間価値を示す。

旅行時間費は「Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India」に2009年単価が記載されている。貨物車両については、1日あたりの貨物保有費を時間価値に変換して用いる。2009年のTTC

C単価を表 9. 8 に示す物価指標（WPI）に従い、2016年単価に換算した。表 9. 12 に2016年のTTC単価を示す。

表 9. 10 旅客車両の時間価値（2009）

車種	時間価値 (ルピー/人時間)	平均乗車人数 (人/台)	時間価値 (ルピー/台時)
二輪車	32	1.5	48
乗用車	62.5	4.8	300
バス	43.5	43	1870.5

(出典:Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India 2009)

表 9. 11 貨物車両の時間価値（2009）

車種	貨物保有費 (ルピー/台日)	時間変換係数	貨物保有費 (ルピー/台時)
LCV	58.10	1/12	4.8
トラック・MAV	333.0	1/12	27.8

(出典:Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India 2009)

表 9. 12 時間価値（2016）

車種	時間価値 (ルピー/台時)
二輪車	76.0
乗用車	475.2
バス	2,963.1
LCV	7.6
トラック・MAV	44.0

(出典:JICA 調査団)

9.4 ITSメニュー導入による効果の計測

上記のITSメニュー導入効果の予測手法を用いて短期（2021年）、中期（2026年）、長期（2036年）のITSメニュー導入による効果を計測し、その間の期間は直線補間することで対象期間の効果を計測した。ITSメニュー導入による効果の計測結果を表 9.13 に示す。

表 9.13 ITSメニュー導入による効果（信号制御システム+情報提供関連メニュー）

年次	年	割引率	走行時間短縮便益(Unit=INR crore)								走行経費減少便益(Unit=INR crore)								合計 (Unit=INR crore)			
			二輪車	乗用車	オート リクシャ	バス	LCV	トラック	MAV	割引前 計	割引後 計	二輪車	乗用車	オート リクシャ	バス	LCV	トラック	MAV	割引前 計	割引後 計	割引前	割引後
運用開始	2021	0.5674	3.5	11.7	13.6	62.6	0.04	0.2	0.1	91.7	52.0	1.6	2.8	3.1	9.2	1.7	1.7	0.7	20.8	11.8	113	64
1年目	2022	0.5066	3.7	12.3	14.5	73.9	0.04	0.4	0.2	104.9	53.1	1.7	2.9	3.3	11.1	1.9	5.8	2.3	29.2	14.8	134	66
2年目	2023	0.4523	3.9	12.8	15.4	85.1	0.05	0.6	0.2	118.1	53.4	1.9	3.1	3.6	13.0	2.2	9.9	4.0	37.6	17.0	156	70
3年目	2024	0.4039	4.1	13.4	16.2	96.4	0.06	0.8	0.3	131.3	53.0	2.1	3.2	3.8	14.9	2.5	14.0	5.6	46.0	18.6	177	72
4年目	2025	0.3606	4.3	14.0	17.1	107.7	0.06	1.0	0.4	144.5	52.1	2.2	3.3	4.1	16.8	2.8	18.1	7.2	54.4	19.6	199	72
5年目	2026	0.3220	4.6	14.5	18.0	119.0	0.07	1.2	0.5	157.7	50.8	2.4	3.4	4.3	18.6	3.0	22.2	8.8	62.8	20.2	221	71
6年目	2027	0.2875	4.7	14.8	18.2	120.5	0.07	1.2	0.5	160.0	46.0	2.5	3.5	4.4	18.6	3.1	22.1	9.9	64.0	18.4	224	64
7年目	2028	0.2567	4.8	15.1	18.5	122.0	0.07	1.2	0.6	162.2	41.6	2.5	3.6	4.4	18.6	3.1	22.0	11.0	65.3	16.8	227	58
8年目	2029	0.2292	4.9	15.3	18.7	123.5	0.08	1.2	0.6	164.4	37.7	2.6	3.7	4.5	18.6	3.2	21.9	12.1	66.5	15.2	231	53
9年目	2030	0.2046	5.1	15.6	19.0	125.0	0.08	1.2	0.7	166.6	34.1	2.7	3.7	4.5	18.6	3.2	21.9	13.1	67.8	13.9	234	48
10年目	2031	0.1827	5.2	15.9	19.2	126.5	0.08	1.2	0.7	168.8	30.8	2.7	3.8	4.6	18.6	3.3	21.8	14.2	69.0	12.6	238	43
11年目	2032	0.1631	5.3	16.1	19.5	128.0	0.08	1.3	0.7	171.1	27.9	2.8	3.9	4.6	18.6	3.4	21.7	15.3	70.2	11.5	241	39
12年目	2033	0.1456	5.4	16.4	19.7	129.5	0.08	1.3	0.8	173.3	25.2	2.9	3.9	4.7	18.6	3.4	21.6	16.4	71.5	10.4	245	36
13年目	2034	0.1300	5.6	16.7	20.0	131.0	0.09	1.3	0.8	175.5	22.8	2.9	4.0	4.7	18.6	3.5	21.6	17.5	72.7	9.5	248	32
14年目	2035	0.1161	5.7	17.0	20.3	132.5	0.09	1.3	0.9	177.7	20.6	3.0	4.1	4.8	18.5	3.5	21.5	18.5	74.0	8.6	252	29
15年目	2036	0.1037	5.8	17.2	20.5	134.0	0.09	1.3	0.9	179.9	18.7	3.1	4.2	4.8	18.5	3.6	21.4	19.6	75.2	7.8	255	26
合計(2021~2036)			76.6	238.7	288.4	1,817.4	1.13	16.6	8.9	2,447.8	620.0	39.5	57.0	68.2	269.5	47.4	289.2	176.2	947.0	226.6	3,395	847

(出典：JICA調査団)

9.5 ITSメニュー導入費用の整理

ITSメニュー導入費用を表 9.14 に示す。チェンナイ交通情報センターの更新費は運用開始から5年毎に初期投資額の半分、信号機は運用開始後9年目から3年間に分けて初期投資の半分を改修費として計上した。ただし、チェンナイ交通情報センターの機能拡充部分の費用については、将来的に周辺環境の変化に応じたものであるため、更新費は計上していない。

表 9. 14 I T Sメニュー導入費用

年次	年	割引率	割引前(Unit=INR crore)				割引後(Unit=INR crore)				合計(Unit=INR crore)			
			Chennai Traffic Information System		Traffic Management System		Chennai Traffic Information System		Traffic Management System		割引前		割引後	
			Equipment	O&M	Equipment	O&M	Equipment	O&M	Equipment	O&M	Equipment	O&M	Equipment	O&M
	2017	0.8929					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2018	0.7972	24.4		60.6		19.4	0.0	48.3	0.0	85.0	0.0	67.8	0.0
	2019	0.7118	24.4		135.0		17.3	0.0	96.1	0.0	159.4	0.0	113.5	0.0
	2020	0.6355	24.4		135.0		15.5	0.0	85.8	0.0	159.4	0.0	101.3	0.0
運用開始	2021	0.5674		7.3	74.4	18.2	0.0	4.1	42.2	10.3	74.4	25.5	42.2	14.5
1年目	2022	0.5066		7.3		58.7	0.0	3.7	0.0	29.7	0.0	66.0	0.0	33.4
2年目	2023	0.4523		7.3		58.7	0.0	3.3	0.0	26.6	0.0	66.0	0.0	29.9
3年目	2024	0.4039	0.5	7.3		58.7	0.2	3.0	0.0	23.7	0.5	66.0	0.2	26.7
4年目	2025	0.3606	37.0	7.3		58.7	13.3	2.6	0.0	21.2	37.0	66.0	13.3	23.8
5年目	2026	0.3220	0.5	7.3		58.7	0.1	2.4	0.0	18.9	0.5	66.0	0.1	21.3
6年目	2027	0.2875		7.4		58.7	0.0	2.1	0.0	16.9	0.0	66.2	0.0	19.0
7年目	2028	0.2567		7.4		58.7	0.0	1.9	0.0	15.1	0.0	66.2	0.0	17.0
8年目	2029	0.2292		7.4	61.5	58.7	0.0	1.7	14.1	13.5	61.5	66.2	14.1	15.2
9年目	2030	0.2046	36.6	7.4	61.5	58.7	7.5	1.5	12.6	12.0	98.1	66.2	20.1	13.5
10年目	2031	0.1827		7.4	61.5	58.7	0.0	1.4	11.2	10.7	61.5	66.2	11.2	12.1
11年目	2032	0.1631		7.4		58.7	0.0	1.2	0.0	9.6	0.0	66.2	0.0	10.8
12年目	2033	0.1456		7.4		58.7	0.0	1.1	0.0	8.6	0.0	66.2	0.0	9.6
13年目	2034	0.1300		7.4		58.7	0.0	1.0	0.0	7.6	0.0	66.2	0.0	8.6
14年目	2035	0.1161	36.6	7.4		58.7	4.2	0.9	0.0	6.8	36.6	66.2	4.2	7.7
15年目	2036	0.1037		7.4		58.7	0.0	0.8	0.0	6.1	0.0	66.2	0.0	6.9
合計(2016~2036)			184.1	118.4	589.8	898.8	77.7	32.7	310.5	237.2	773.9	1,017.2	388.1	269.9

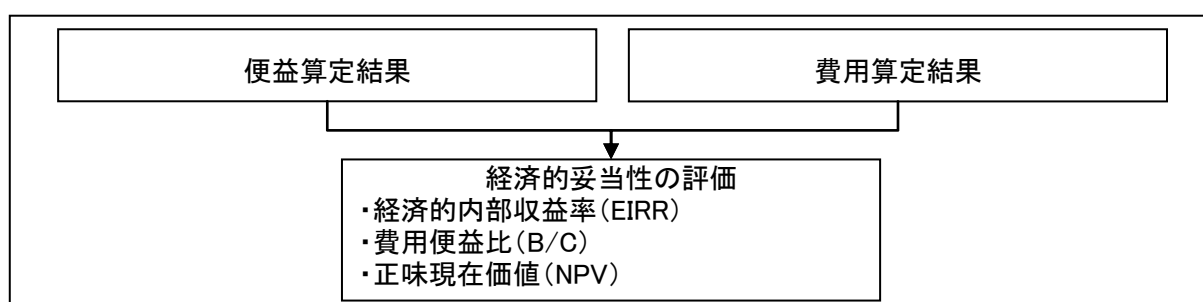
(出典：J I C A調査団)

10 経済評価

10.1 目的・手順

情報提供や信号制御といった ITS 事業は、交通の円滑化及び交通安全面において重要な役割を果たす。チェンナイのような貿易都市においては、交通の円滑化は物流コストの低減に直結する。そのため、企業の利益や税収が増加し、都市の経済成長を大きく促進させる。

しかしながら、ITS 事業の経済的妥当性については確認する必要がある。事業の経済的妥当性は、経済的内部収益率 (EIRR) と費用便益比 (B/C) 及び社会割引率 12% を想定した正味現在価値 (NPV) によって示される。経済的妥当性の数値は、EIRR が 12% 以上、B/C が 1.0 以上、NPV が正となることである。



(出典：JICA調査団)

図 10.1 ITS 評価の実施フロー

10.2 経済評価の指標

経済的費用と便益は、プロジェクトライフ期間を通して、キャッシュフロー割引法によって明示される。経済評価として、経済的内部収益率（EIRR）、費用便益比（B/C）、正味現在価値（NPV）の3つの指標を算出する。割引率は、インド国で社会割引率として広く使われている12%である。ITSシステムの耐用年数は運用開始後10年程度であるため、情報提供システムの拡張部分の運用が開始する2027年から10年後の2036年までを事業評価期間として設定した。表 10.1 に経済評価の指標を示す。

表 10.1 経済評価の指標

	指標	内容
1	割引率	12%（インドの社会割引率）
2	経済的内部収益率（EIRR）	$\sum \frac{B_n}{(1+r)^n} = \sum \frac{C_n}{(1+r)^n}$ ここで、B：便益、C：費用、r：満足する数値
3	費用便益比（B/C）	$\sum \frac{B_n}{(1+DR)^n} \div \sum \frac{C_n}{(1+DR)_n}$ ここで、DR：割引率
4	正味現在価値（NPV）	$\sum \frac{B_n - C_n}{(1+DR)^n}$
5	事業評価のキャッシュフロー	2016年から2036年の20年間

（出典：JICA調査団）

10.3 経済評価の結果

費用便益分析の結果を表 10. 2 に示す。経済的妥当性の数値である E I R R が 1 2 % 以上、B / C が 1. 0 以上、NPV が正となることが確認された。

表 10. 2 経済評価の結果 (信号制御システム+情報提供関連メニュー)

費用便益分析結果			EIRR= 19.26% NPV= 188.7 B/C= 1.287													
年次	年	割引率	割引前(Unit=INR crore)						割引後(Unit=INR crore)							
			Cost			Benefit			Benefit - Cost	Cost			Benefit			Benefit - Cost
基準年2016			Equipment	O&M	Total	VOC	TTC	Total		Equipment	O&M	Total	VOC	TTC	Total	
	2017	0.8929	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	2018	0.7972	85.0	0.0	85.0			0.0	-85.0	67.8	0.0	67.8	0.0	0.0	0.0	-67.8
	2019	0.7118	159.4	0.0	159.4			0.0	-159.4	113.5	0.0	113.5	0.0	0.0	0.0	-113.5
	2020	0.6355	159.4	0.0	159.4			0.0	-159.4	101.3	0.0	101.3	0.0	0.0	0.0	-101.3
運用開始	2021	0.5674	74.4	25.5	99.9	91.7	20.8	112.5	12.6	42.2	14.5	56.7	52.0	11.8	63.8	7.1
1年目	2022	0.5066	0.0	66.0	66.0	104.9	29.2	134.1	68.1	0.0	33.4	33.4	53.1	14.8	67.9	34.5
2年目	2023	0.4523	0.0	66.0	66.0	118.1	37.6	155.7	89.7	0.0	29.9	29.9	53.4	17.0	70.4	40.6
3年目	2024	0.4039	0.5	66.0	66.5	131.3	46.0	177.3	110.8	0.2	26.7	26.9	53.0	18.6	71.6	44.8
4年目	2025	0.3606	37.0	66.0	103.0	144.5	54.4	198.9	95.9	13.3	23.8	37.2	52.1	19.6	71.7	34.6
5年目	2026	0.3220	0.5	66.0	66.5	157.7	62.8	220.5	154.0	0.1	21.3	21.4	50.8	20.2	71.0	49.6
6年目	2027	0.2875	0.0	66.2	66.2	160.0	64.0	224.0	157.8	0.0	19.0	19.0	46.0	18.4	64.4	45.4
7年目	2028	0.2567	0.0	66.2	66.2	162.2	65.3	227.5	161.3	0.0	17.0	17.0	41.6	16.8	58.4	41.4
8年目	2029	0.2292	61.5	66.2	127.7	164.4	66.5	230.9	103.2	14.1	15.2	29.3	37.7	15.2	52.9	23.7
9年目	2030	0.2046	98.1	66.2	164.3	166.6	67.8	234.4	70.1	20.1	13.5	33.6	34.1	13.9	48.0	14.3
10年目	2031	0.1827	61.5	66.2	127.7	168.8	69.0	237.8	110.1	11.2	12.1	23.3	30.8	12.6	43.5	20.1
11年目	2032	0.1631	0.0	66.2	66.2	171.1	70.2	241.3	175.1	0.0	10.8	10.8	27.9	11.5	39.4	28.6
12年目	2033	0.1456	0.0	66.2	66.2	173.3	71.5	244.8	178.6	0.0	9.6	9.6	25.2	10.4	35.6	26.0
13年目	2034	0.1300	0.0	66.2	66.2	175.5	72.7	248.2	182.1	0.0	8.6	8.6	22.8	9.5	32.3	23.7
14年目	2035	0.1161	36.6	66.2	102.7	177.7	74.0	251.7	149.0	4.2	7.7	11.9	20.6	8.6	29.2	17.3
15年目	2036	0.1037	0.0	66.2	66.2	179.9	75.2	255.2	189.0	0.0	6.9	6.9	18.7	7.8	26.5	19.6
合計(2016~2036)			773.9	1,017.2	1,791.1	2,447.8	947.0	3,394.8	1,603.7	388.1	269.9	658.0	620.0	226.6	846.6	188.7

(出典：JICA調査団)

10.4 感度分析

費用を+10%および+20%、便益を-10%および-20%、費用を+10%かつ便益を-10%とした場合の感度分析を実施した。表 10. 3 に感度分析の結果を示す。

表 10. 3 感度分析の結果 (信号制御システム+情報提供関連メニュー)

	E I R R (Unit=INR crore)	NPV	B / C
基本ケース	19.26%	188.7	1.287
費用+10%	16.51%	122.9	1.170
費用+20%	14.01%	57.1	1.072
便益-10%	16.22%	104.0	1.158
便益-20%	12.83%	19.3	1.029
費用+10%、 便益-10%	13.48%	38.2	1.053

(出典：JICA調査団)

11 ITS実施のための参考情報

11.1 電子式道路課金システム (Electronic Road Pricing : ERP)

本節は、チェンナイのインド政府機関に対し、今後、電子式道路課金 (ERP) を検討する際に留意すべき要点と電子式道路課金 (ERP) に係る重要な一般的な概念を参考情報として提供するものである。

11.1.1 電子道路課金 (ERP) とは

悪化を続ける道路の交通渋滞に対処するため、多くの都市が道路交通容量の改善や公共交通機関の整備などの対策を図っている。しかし、運輸部門における世界的な傾向として、供給面のみの対策では交通渋滞に対処するのは不可能であると認識され、今日の運輸対策には多くの場合、交通需要マネジメントが含まれている。

交通需要マネジメントの重要な観点の一つに自家用交通の利用抑制がある。これには、より効率の良い交通手段の提供や市内中心部への車両の乗り入れを抑制するための駐車場整備の制限、相乗り車両に限り一定の時間帯における通行の許可、石油税あるいは自動車税の引き上げなどの様々な対策がある。渋滞課金も交通需要マネジメントの範疇に含まれる。自動車運転者は時間と場所により道路使用料を課金される。渋滞課金エリア内の道路には料金を支払った場合のみ乗り入れることができ、その料金は交通状況に応じて時間により異なる。システムによって自動化された渋滞課金を「電子道路課金 (ERP)」と呼ぶ。

渋滞課金の概念は有料道路の課金のそれとは異なる。有料道路の課金は、多くの場合、特定の地域や道路を迂回させ、より多くの車両に有料道路を使用してもらうことが目的である。従って、有料道路はより多くの道路利用と最大限の収入が望まれる。その一方で、渋滞課金は公

公共交通機関などのより効率の良い交通手段の利用や、通勤時間の変更などの交通行動の変化を促すことによって、課金エリアや道路を利用する自動車交通を少なくすることが目的である。従って、主に考慮すべき点は収入ではなく需要の抑制となる。

11.1.2 域内課金と路線課金

渋滞課金には主に二通りの課金方式がある。域内課金と路線課金であり、どちらも交通需要を抑制するものである。域内課金の場合、車両は特定の地域に入ると課金される。乗り入れの際に課金される地域は市内で最も混雑しており、渋滞緩和が必要な地域となる。多くの場合、市内中心の業務地区（Central Business District: CBD）周辺であることが一般的である。このような場所には業務活動に伴って多くの車両が集中するためである。域内課金はシンガポール、ロンドン、ストックホルムで導入されている。一般的な路線課金の場合、異なる通行料金が道路に課金され、交通流量や交通需要を制御する。例えば、居住地域を通り抜ける道路Bより、郊外を走行する道路Aの貨物への課金を低く設定し、使用を促す。通常、域内課金方式が渋滞課金と呼ばれており、次項では主に域内課金について述べる。

11.1.3 渋滞課金導入の判断について

渋滞課金のみによって道路交通上の課題が解決されるわけではないことに留意しておくことが重要である。渋滞課金は公共交通機関や道路網の改善、適切な交通管理など、都市交通対策の一つである。したがって、道路交通問題の解決策として政府は渋滞課金のみ依存すべきではない。また、渋滞課金はそれまで無料で使用できていた道路に対して支払いを求められることになるため、一般市民から不評を買う施策であることが一般的である。彼らは既に様々な重い税制負担を強いられており、更なる税金を払わせようとする政府の策略と捉えられる可能性が

ある。従って、渋滞課金の導入は慎重に考慮することが求められ、導入前に少なくとも以下に示す問いかけを厳密に行う必要がある（問いかけはこの限りではない）。

- 渋滞課金を導入する必要があるのか?
- どのエリアで渋滞緩和が必要なのか?又、その理由は?渋滞の程度は?ピーク時の平均速度が時速20 kmから30 kmの状況下では市民を説得するのに困難が伴う可能性がある。時速10 km以下であれば説得力があろう。下渋滞緩和の対策として渋滞課金以外の代替案は本当はないのか?
- 幹線公共交通網、ラストマイルへの接続、乗り換え施設など、一般市民にとって公共交通機関が十分に利用可能であるか?—影響を受ける多くの人々が公共交通機関の利用へと移行する可能性がある。影課金エリアを迂回するための適切な代替ルートはあるか?影響を受ける課金エリアの居住者に対する補償に応じる準備が政府にできているか?補償内容は?
- 交通マナーはどの程度で交通規制の取り締まりはどの程度効果が図られているか?—システムが適切に機能し、渋滞課金の取り締まりを実施するためには交通マナーと交通規制の取り締まりが必要である。
- 車両ナンバープレートは標準化されているか?—同上
- 車両ナンバープレートから車両の所有者に関する最新の情報を取得できるデータベースが整備されているか?—渋滞課金の導入には、違反車両などに罰金の通知を送るなど、データベースが必要となる。
- 渋滞課金から得た収入の使用用途は?都市交通対策のみに割り当てるのか、又は他の対策にも割り当てるのか?
- 渋滞課金を課すにあたって、これを可能にする関連法令の改正は必要ないか?

11.1.4 課金エリアの選択

課金エリアの設定を検討するにあたっては、車両が集中する土地利用を伴う場所を含めることになる。これはオフィスや商業活動拠点が存在する場所、またこれらの建物を利用する運転手が駐車できる十分な駐車場施設が存在する場所となる。通常、このような場所は市内中心の業務地区（CBD）、或いは地域の中心街である。一方で、居住エリア、学校、宗教施設など

は可能な限り除外し、居住者の日常の活動に与える影響を最小限にすることが好ましい。渋滞課金の対象エリアが広すぎると規制すべき入口が多く必要となり、また、居住エリアを含むことになる可能性が大きくなる。しかし、対象エリアが狭すぎると効果が薄れてしまう。従って、境界線の決定は慎重を期する事項であると同時に、効果を最大限に引き出せるよう考慮する必要がある。

対象エリアを決定する際の評価基準を設定することが推奨され、一般的に以下の項目が含まれる。

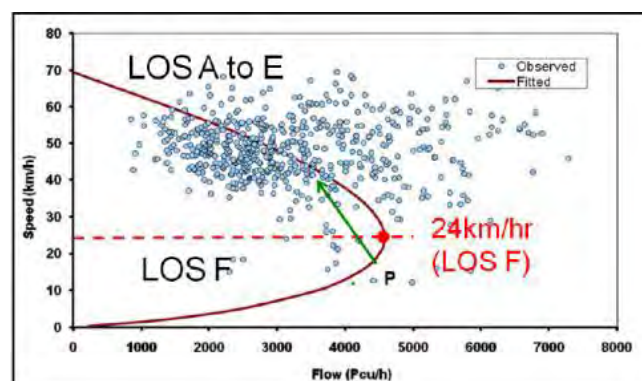
- 対象エリア内及びチェンナイ周辺環状道路のピーク時のおおよその旅行速度
- 課金時間前後の想定される効果（交通量や旅行速度）
- 対象エリア内に占める商業、行政機関、産業等のための土地利用の割合（あるいは数）
- 対象エリア内の居住者、学校、宗教施設などの数
- 対象エリア周辺の利用可能なメトロの駅やバスの運行サービスなど、適切な公共交通機関や代替ルートが存在
- 対象エリア周辺の回避ルートの存在や対象エリアへの流入個所の数、及びその他の状況

11.1.5 サービス水準

渋滞を定量的に定義する方法として、その地域の道路事情を加味して設定された道路種別毎の交通流速度曲線を参照する方法がある。チェンナイでは、当地の主要幹線道路（片側3車線）を元に作成された交通流速度曲線が存在し、インド工科大学チェンナイ校より入手した。（図 11. 1）

交通流はサービス水準A（非常にスムーズな流れ）からF（非常に流れが遅い状態）に分類される。曲線の分岐点は時速24 kmである。つまり、チェンナイの幹線道路では、時速24 km以下の状態が発生しサービス水準Fへ遷移する（この分岐点を「臨界速度」と呼ぶ）。対象エリアの道路の平均走行速度が臨界速度を下回れば、渋滞課金を実施することになる。渋滞

課金は、そのエリアへの交通の流入を減少させ、サービス水準をより好ましい状態である A～E に改善させることを狙うものである。



(出典：インド工科大学チェンナイ校提供、交通流速度曲線より J I C A 調査団編集)

図 11.1 交通流速度曲線

11.1.6 課金の概念

渋滞課金は、渋滞が発生している時間帯（一般的にはピーク時間帯）にのみ実施するのが通常であり、課金料金は時間帯により異なる。典型的な例は、対象エリアを囲んだ仮想境界線を通じて課金エリア内に乗り入れた際に車両に課金する、というものである。他には、対象のエリア内で移動する車両に課金したり、エリア内での走行距離に応じて課金したりする方法がある。一般的に後者の2つは技術面、運営面でより複雑になる。

料金の設定は重要である。交通流に与える影響度に照らし合わせて、車種によって異なる料金を設定する。設定料金が高すぎると、そのエリアを避ける車両が多くなり、そもそも道路が使用されないといった状態になってしまう。設定料金が低すぎると、そのエリアを避ける車両が少なくなり渋滞緩和効果が不十分なものになってしまう。一般市民が課金を課されることに公平感を持つことも重要である。そこで、交通流に対して車種ごとに影響度を示す乗用車換算台数（PCU）に従って、車種の違いに応じた料金を設定することが好ましい。例えば、乗用車を1とすると、自動二輪車は0.5倍、軽量貨物車は1.4倍、重量物運搬車は2.2倍などといった具合である。緊急車両には課金を免除することが望ましい。

11.1.7 電子道路課金（ERP）の技術と諸外国での導入事例

渋滞課金は1975年にシンガポール、2003年にロンドン、2006年にストックホルムで導入された。これまで世界で本格的なエリア課金を実現させたのはこの3つの都市のみである。日本でエリア課金ついて一連の議論が行われてきたが、問題が多く導入には至っていない。

電子道路課金（ERP）の主要な技術は以下となる。

(1) 狭域通信方式（Dedicated Short Range Communication : DSRC）

狭域通信方式（DSRC）は、電源付きの車載器プリペイドカードを利用するもので、内部電源とバッテリーが内蔵されており、道路上のガントリーに設置されたアンテナと通信を行う。課金料金は、車両が課金地点であるガントリーの下を通過した際に車載器に挿入されているプリペイドカードから即時に引き落とされる。シンガポールでは電子道路課金（ERP）に2.45 GHz帯の狭域通信方式（DSRC）を利用している。



(2) ナンバープレート自動認識方式 (Automatic Number Plate Recognition: ANPR)

利用者が事前に個人のアカウントをシステムに作成するか、あるいは銀行口座を登録する。ERPガントリーの下を通過した車両や、課金エリア内を移動する車両のナンバープレートをカメラが捉え中央サーバーに送信する。ERP料金は登録口座から引き落とされる。口座の残高が不足している場合や、最低限口座に必要な額以下、あるいは同額程度になった場合、利用者に警告メッセージが届く。システムの構成は狭域通信方式(DSRC)よりシンプルであるが、すべてのナンバープレートをカメラで正確に捉えることは困難であり、また安定した通信網が必要であることや、バックエンドシステムが大規模になる等の点が課題である。この方式は、ロンドン及びストックホルムでの渋滞課金に利用されており、シンガポールでは渋滞課金の違反車両の取り締まり用にANPR技術が利用されている。



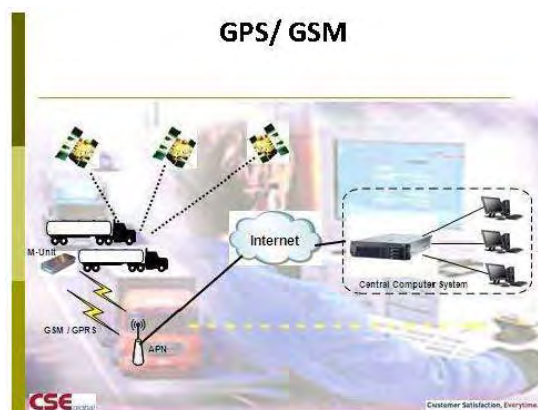
(出典: M S I G l o b a l)

図 11.3 ロンドンのANPR

(3) 全地球航法衛星システム/移動体通信ネットワーク方式 (Global Navigation Satellite System / Communication Network: GNSS/CN)

これはGPSを利用した追跡システムである。車両に搭載したGNSS受信機によって車両の位置が記録される。その経緯度位置データがGNSS受信機から移動体通信ネットワークを

通じて中央サーバーに送信される。センターで走行距離が計算され、所定の料金を利用者が支払う。このシステムでは道路上のERPガントリーは不要となる。しかし、高層ビルで囲まれた場所ではGPSによる正確な場所の測定に課題がある。従って、ドイツではGNSS/CN方式を都市圏での電子道路課金（ERP）ではなく、高速道路における商用車への料金徴収として利用している。

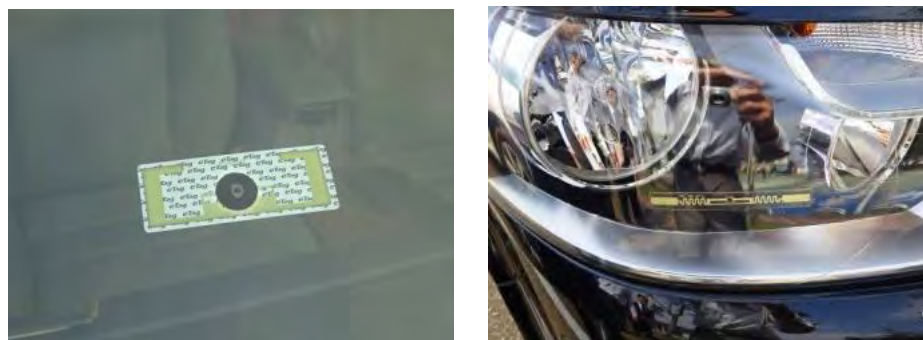


(出典：MSI Global)

図 11. 4 ドイツのGNSS/CN方式

(4) 無線自動識別方式 (Radio Frequency Identifier: RFID)

利用者が事前に個人のアカウントをシステムに作成するか、あるいは銀行口座を登録する。車両と所有者の情報に紐付けられた固有のIDがRFIDタグに登録され、タグが個々の車両に発行される。車両がガントリーを通過するとガントリーに設置されたアンテナと車両のフロントガラスに貼り付けられたRFIDタグの間で通信が行われ、RFIDタグから固有のID情報が読み取られる。読み取った情報は中央サーバーに送信され、ERP料金を口座から引き落とす。現在、ERPにRFIDを採用している国は存在しない。しかし、インドでは国道の有料道路でRFID方式が徐々に導入されており、ERPの候補技術の一つとなり得る。技術的な実証試験が必要である。



(出典：JICA 調査団)

図 11.5 インドのRFID：フロントガラス及びヘッドライト上のRFIDタグ（有料道路用）

11.1.8 その他の重要な事項

(1) 代替ルート

課金エリア内を最終目的地としない運転者は、そのエリアを通過するためだけに支払う気にはなれず、こうした運転手に対して公平な代替手段が必要である。渋滞課金によって課金エリアの交通流が改善される一方で、課金エリア外や他のルートの利用が増える。従って、そのような交通に応えるだけの十分な代替ルートが必要である。更に、運転者に対して課金エリアを避けるための代替ルートの情報を提供すべきである。

(2) 適切な公共交通機関

渋滞課金の結果、交通手段の選択が公共交通機関へ変更されてゆくことが望ましい。渋滞課金によって公共交通機関に移行した人たちがバスやメトロで目的地に到着できるようにすることが不可欠となる。チェンナイのメトロ網であるフェーズ1及びフェーズ2の完成が大いに期待される。バスサービスの質の改善も強く推奨される。

(3) 一般市民の意見

渋滞課金は慎重に扱うべき事項である。運転者にとっては、何か特別に新しいものが提供されるわけではないにもかかわらず、既存の道路利用に支払いを求められるようなものである。政府は一般市民からの反対意見に直面することが予想される。すべての意見に対し納得のいく形で慎重に取り組む必要があり、そのためにも広告企業の支援などを得ることが推奨される。

(4) 渋滞課金効果の定期的なモニタリング

渋滞課金効果を定期的にモニタリングし、それに応じて課金料金を調整する必要がある。シンガポールではモニタリングを3ヵ月毎に実施し適切な料金となるよう調整している。チェンナイでのモニタリングの実施間隔はもっと長くてもよからうが、交通量、旅行速度、隣接道路の状況、違反、システムエラー、収入／費用などに関して定期的にモニタリングする必要がある。

(5) 上級運営委員会と技術委員会

渋滞課金の計画と導入、そしてシステムの運営と管理にはチェンナイの都市交通部門の多くの関係機関が携わることが求められる。政府の高官たちで構成された上級運営委員会を設立することが必要であり、技術的な課題に取り組む技術委員会の設立も推奨される。

(6) 法制化

渋滞課金の実施には法制化が必要な場合がある。法律の制定には長期にわたる工程となるため、かなり早い段階で着手することが必要である。

(7) 組織の設立

渋滞課金の実施と運営のための組織の設立が推奨される。渋滞課金システムの運営に必要な人員数についてはシステムの設計によるため設計後に明らかになる。

(8) 利害関係者や一般市民との対話

渋滞課金とは、一般市民によって不本意ながら受け入れられてゆくものである。また運転者は一般道路の利用料金に対する支払いという概念に慣れていない。従って、渋滞課金の導入が決定した際には初期の段階で利害関係者や一般市民との対話を始めることが賢明である。利害関係者にはドライバーの団体、自動車販売の団体、商工会議所、労働組合、草の根団体などが含まれる。対話を通じて一般市民の心に概念をしっかりと根付かせるという効果が望める。

11.2 交通系共通カード

タミル・ナド政府は、スマートカードを利用したインターモーダルの料金支払いシステムとなる交通系共通カードの導入を計画している。スマートカードは、チェンナイ・メトロ、都市内バス、都市内鉄道、モノレール、有料道路など様々な交通機関で使用できるものである。近年、‘Integration of Public Transport Modes’ という名称のワーキング・グループがチェンナイ統合都市圏交通委員会に設置された。

交通系共通カードの計画や設計には、相当の労力が必要となる。本節は、インド政府機関に対し、交通系共通カードの計画に関する重要な一般的な概念を参考情報として提供するものである。

11.2.1 交通系共通カードをチェンナイに導入する合理的な理由

チェンナイにおける公共交通網は、インドの他の都市と比べるとインターモーダルの接続性が比較的良好に考慮され、整備されている。例えば、メトロの多くの駅が都市内バスターミナルと接続されており、電車や駅構内の地図に乗換駅名が表示されている。都市間バス及び市内バスの大きなターミナルは、メトロの駅のすぐ隣に整備されている。入札中のモノレールもメトロの駅と接続されるようになるであろう。交通系共通カードは、メトロやバス、モノレール、有料道路のタッチ&ゴー(T&G)など異なる交通機関で広く使用できるスマートカードである。物理的な接続性が良好なチェンナイでは、これにより利用者の利便性が高まり、交通需要の公共交通への転換が図られる可能性が大きい。

11.2.2 交通系共通カードの特徴

公共交通機関の運賃の支払いには、紙の切符や磁気カードが使用されていたが、今日では一般的にスマートカードと呼ばれるICカードを使用するのが世界的な傾向であり、従来の方法に比べ多くの利点があるため更なる普及が進んでいる。スマートカードの主な利点の一つに、異なる交通機関にわたって広く使用できる点があり、このスマートカードを‘交通系共通カード’と呼ぶ。

スマートカードの技術的な特徴は以下となる。

- 高度なセキュリティー
 - ✓ 安全な近距離無線通信技術設計
 - ✓ チップに格納されているデータの重複／破壊を防止
- 高耐久性
 - ✓ 読み書きが約50万回まで可能と寿命が長い

- 大量のトランザクションを可能とする高速処理
- 移動データや支払い記録データの保存が可能な大容量メモリ
 - ✓ スマートカードを利用した交通系共通カードの導入により以下が可能になる
- メトロ、モノレール、バスなど公共交通機関の入口／出口での迅速な支払い
- インターモーダルの移動記録を保存し、人の移動に係る分析（パーソントリップ分析）などのために活用
- 割引の適用、或いは区間料金制や固定料金制から対距離料金制への移行など、柔軟な支払いサービス
- 切符を購入するための列に並ぶ待ち時間や小銭を持ち歩くことの必要性の回避
- 公共交通機関の駅での係員による釣銭用の小銭を用意することの必要性の回避や、現金の取扱い作業の軽減
- 料金の徴収漏れの抑制

11.2.3 交通系共通カード事業に係わる事業者

交通系共通カード事業には、大きく分けて、交通事業者、カード発行者、電子マネー管理者といった3つの事業者が存在する。

(1) 交通事業者

異なる交通事業者の間で利用される交通系共通カードの相互運用性を確保する必要がある。そのためには料金体系やカードシステムの仕様／標準など、諸々の規則を定め、交通事業者の間で合意しておく必要がある。これらの規則に同意し承諾した交通事業者は、交通系共通カード事業の加盟事業者となる。ショッピングに利用されるカードの場合には、キオスクや小売店などの関係事業者も加盟事業者として含まれる。

(2) カード発行者

カード利用者にスマートカードを発行する事業者を‘カード発行者’と呼ぶ。通常、カード発行者は交通事業者、或いは銀行である。チェンナイ・メトロのカード発行者は、チェンナイ・メトロ公社である。

(3) 電子マネー管理者

カードにチャージされた金額を‘電子マネー’、その電子マネーの入金とカードの残高管理を行う事業者を‘電子マネー管理者’と呼ぶ。カード発行者と電子マネー管理者は同じ事業者であることが多い。チェンナイ・メトロにおいても電子マネー管理者は、チェンナイ・メトロ公社である。

交通事業者、カード発行者、電子マネー管理者を交通系共通カード事業の‘加盟事業者’と呼ぶ。

11.2.4 決済方法とクリアリングハウス

1枚の交通系共通カードで利用された異なる公共交通機関の運賃を決済する必要がある。基本的に決済方法は次の二通りである。

(1) ピアツーピア決済

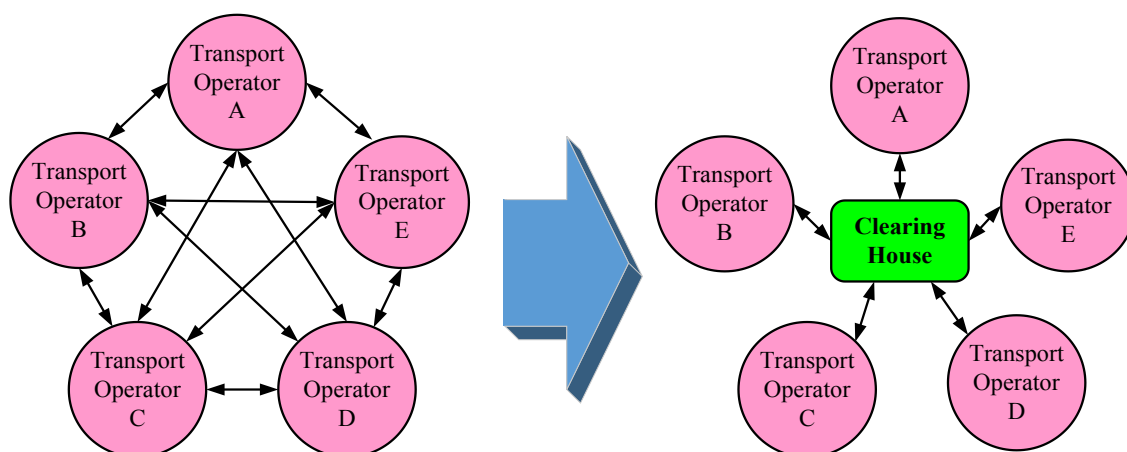
原則として、二つの事業者間で運賃の決済が行われる。両事業者がピアの関係にあり、決済に必要なデータがお互いに転送される。この方法は、システムがシンプルで比較的容易に開始できるところが利点である。しかし、加盟する交通事業者などが増えると、データフローや決済の手続きが複雑になる。

(2) クリアリングハウスによる決済

これは、事業に参加する加盟事業者が複数存在する場合に適した方法である。クリアリングハウスは、1枚の交通系共通カードを使って異なる交通機関に支払われた運賃を決済することを目的として設立される。決済に関するすべてのデータがクリアリングハウスに送られ、クリアリングハウスによって決済の手続きが行われる。加盟事業者が増えてもデータフローや決済の手続きが複雑になることはない。しかし、決済手続き、料金システム、データフォーマット、技術標準など共通の規則を定め、すべての加盟事業者がそれに同意し遵守することが重要である。

Peer to Peer Settlement Method

Clearing House Settlement Method



(出典：JICA調査団)

図 11.6 ピアツーピア及びクリアリングハウスによる決済方法

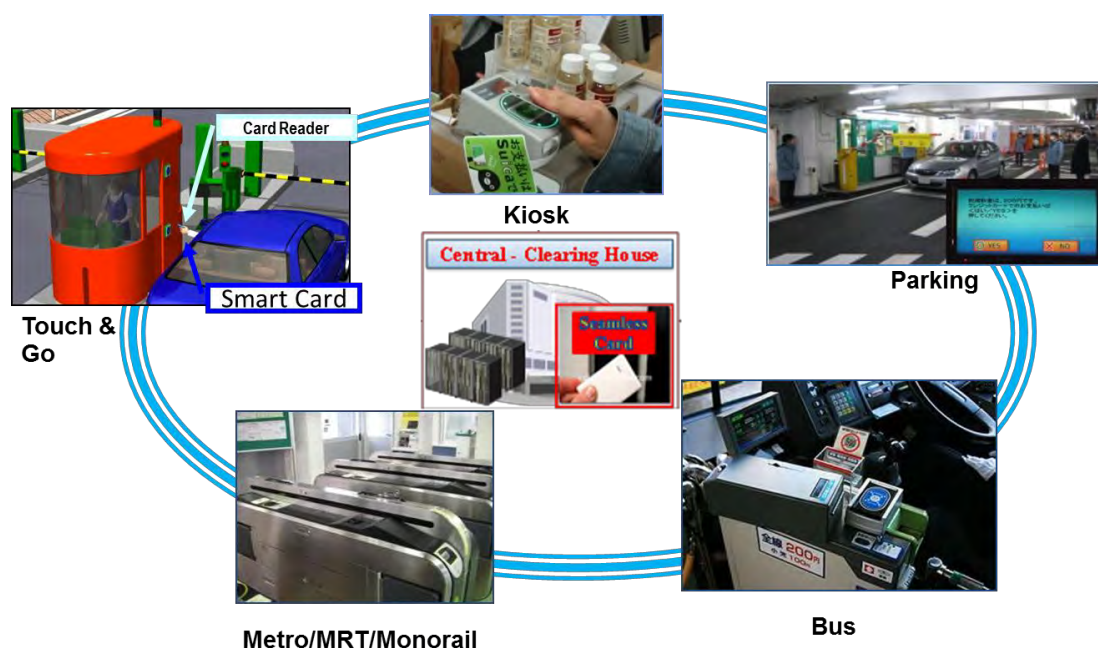
(3) クリアリングハウス

クリアリングハウスは決済に必要な業務を遂行し、その業務に対する手数料を加盟事業者から得る。クリアリングハウスの主要な業務は以下となる。

- 交通系共通カードの使用記録のデータを交通事業者から収集する。使用記録には、チャージ料金、チャージした端末、支払った運賃とその利用した交通機関などのデータが含まれている。

- 交通事業者、電子マネー管理者、カード発行者などの各加盟事業者に支払われるべき金額を算出する。
- 物理的なお金の分配のために加盟事業者に算出結果を送る。
- 交通事業者、カード発行者、電子マネー管理者から決済業務の手数料を受け取る。

クリアリングハウスと加盟事業者の概要を下図に示す。



(出典：JICA調査団)

図 11.7 クリアリングハウスと加盟事業者

11.2.5 管理委員会

交通系共通カードを実現し、システムを持続的に運営／管理してゆくことは決して容易なことではない。方針と戦略を策定し、そして規則を定め、その規則に交通系共通カード事業に係わる関係者のすべてが同意し遵守してゆくことが重要である。事業に係わる関係者には、加盟事業者だけではなく、州政府の財務局や計画局、及び小売組合なども含まれる。これらの関係

者で構成された‘管理委員会’を組織することが交通系共通カードの導入に向けた第一歩となる。

管理委員会は方針の策定、戦略の立案、規則の制定など重要な事項を議決する組織として機能する。例えば、議決する事項として以下のようなものがある。

- 採用する技術標準や情報セキュリティー方針
- 決済方法
- トランザクション用データの内容と形式
- 試験の承認基準
- 機密保持を保証するための規定
- 新規加盟事業者受け入れのための規定と手順

12 結論と提言

(1) ITSを実施していくためのタミル・ナド州政府の強い指導力

タミル・ナド州政府は、本調査の中で副主席事務次官を議長とする関係者会議を開催した。この会議の中で、州政府のリーダー達は推奨されたITS導入の重要性を認識し、早急なITSの実現にあたって妨げとなる諸々の課題解決にあたって強い意向が示された。

ITSを実施する上では、政策立案者と関係機関の強い意志が重要であり、関係者間での緊密な連携や調整が必要となる。これに対する政府の強い指導力が、ITSの確実な実施を可能とする。

(2) ITSの詳細な調査

本調査の目的に従い、ITS整備の基本方針と概略設計を提案した。しかしながら、これらの実施には設計などさらなる詳細な検討が必要となる。また、駐車場システムなどについてはシステムの検討の前に、駐車場マスタープランのようなインフラ設備の整備計画が必要となる。それゆえ、ITSの実施に向けた更なる調査の実施が強く望まれる。

(3) ITSと一体となった交通インフラの整備と改善

ITSは、交通渋滞の緩和のためのソフト対策の一つである。ITSの効果発現のためには道路・交通インフラが十分且つ適切に整備される必要がある。報告書に記載のとおり、チェンナイの交通インフラには、交差点、乗り換え施設、駐車場スペース、歩道の改良等、多くの課題がある。ITSと一体となった道路交通インフラの整備や改善が重要である。

(4) 新しい技術の導入

情報通信技術は急速に進歩している。本調査で提案した I T S の基本方針は現在時点において可用な技術に基づいて提案しているが、数年後には現在では存在しないような新しい技術が利用可能になっていることも大いに予想される。従って、常に最新の技術の動向に留意しながらこれらを取り込んでゆくことが重要である。

(5) 持続的な I T S の推進

I T S は一回限りの実施ではなく、一旦整備されれば、持続した運用と維持管理が必要となる。時間の経過とともに技術の進展や交通状況の変化に応じて、検査、評価、計画及び更新をしてゆくことが必要であり、継続した取り組みが重要である。

(6) 能力開発

長期間に渡って検査、評価、計画、更新など、I T S を持続的に運営・維持管理してゆくには、能力開発が最も重要な要素となる。I T S の実施に係わる人員は、適切な知識や技能を身につけることが求められ、トレーニング計画を策定し、必要となる知識を継続的に向上させていくことが重要である。例えば、知識や経験を有する講師によるレクチャーやシミュレーションのような実践的なプラクティス等のトレーニングプログラムを行うことが推奨される。他には、人員を最新の I T S が運営されている先進国へ派遣し、実務を通じて I T S の専門家として必要な知見を身に着けるといった取り組みが望まれる。

(7) 中心母体の設立

I T S の継続的な実施には中心となる母体の設立が重要となる。I T S の実施は都市圏の交通対策と表裏一体であり、関連する組織が分野横断的に取り組んでゆくことが必要となる。このためには、タミル・ナド州インフラ開発庁、チェンナイ都市圏開発局、チェンナイ都市圏交

通公社、チェンナイ市、チェンナイ交通警察、チェンナイメトロなどといった都市交通セクターにおける関連組織の関与が重要である。チェンナイでは、都市交通分野における意思決定・調整機関として、関係機関から成るチェンナイ統合都市圏交通委員会が存在し、その下に「Integration of Public Transport」や「スマートシティー」といった委員会が設置されている。同様に、ITS実施のための委員会を、チェンナイ統合都市圏交通委員会の下に設置することが望まれる。

(8) 歩行者や運転手に対する教育や交通ルールや規則に対する取り締まりの強化

チェンナイの都市圏の交通の最大の課題の一つが、交通マナーである。インフラの整備やITSの導入のみでは交通の改善は期待できない。歩行者や運転手に対する交通マナーに係る教育や交通ルールや規則に対する取り締まりの強化が、ITS導入の効果を最大化するために必要である。

(9) 車両のナンバープレートの標準化と車両登録の改善

標準化されたナンバープレートと適切な車両の登録情報は、ITSによる適切な取り締まり等のためには不可欠である。2005年にインド国政府によって車両のナンバープレートの標準化が義務付けられたが、現時点においては限られた州でのみ実現されている状況であり、タミル・ナド州においてはまだ実施までに至っていない。チェンナイでは、ナンバープレート標準化のためのコントラクターの入札が進行中であるが、既設のナンバープレートの入れ替えにはまだ相当の時間がかかることが予想される。加えて、車両登録制度が不十分であるため、取り締まりにあたっては特に中古車両の所有者の特定が困難な状況にある。ゆえに、車のナンバープレートの標準化と車両登録の改善が早急に実施されることが期待される。

(10) チェンナイ港を起因とする慢性的な渋滞の改善

チェンナイ北部では、チェンナイ港へ入場待ちの多くの大型車両を原因とする、慢性的な渋滞が発生している。大型車両の待ち行列は、道路空間を占有し、渋滞の発生源となっており、同時に事故の原因にもなっている。チェンナイ港は、コンテナの取扱量がインド国で第二を誇る港であり、取扱量は今後も継続して増加していくことが予想される。こうした課題は I T S では解決できないものである。エンノール港では現在、コンテナ設備の整備が進められているところであるが、この整備を推進するとともに、チェンナイ港におけるコンテナ取扱時間の短縮など処理能力の向上が重要である。