

インド国
チェンナイ都市圏交通公社（MTC）

インド国
公共交通情報提供システム
普及促進事業報告書
（先行公開版）

平成 30 年 2 月
（2018 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 日立製作所

民連
JR（先）
18-010

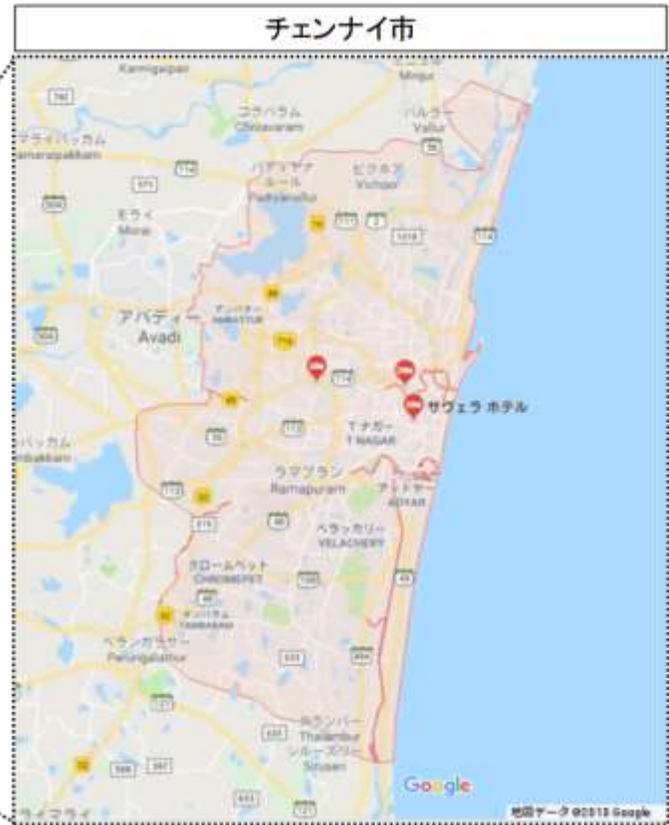
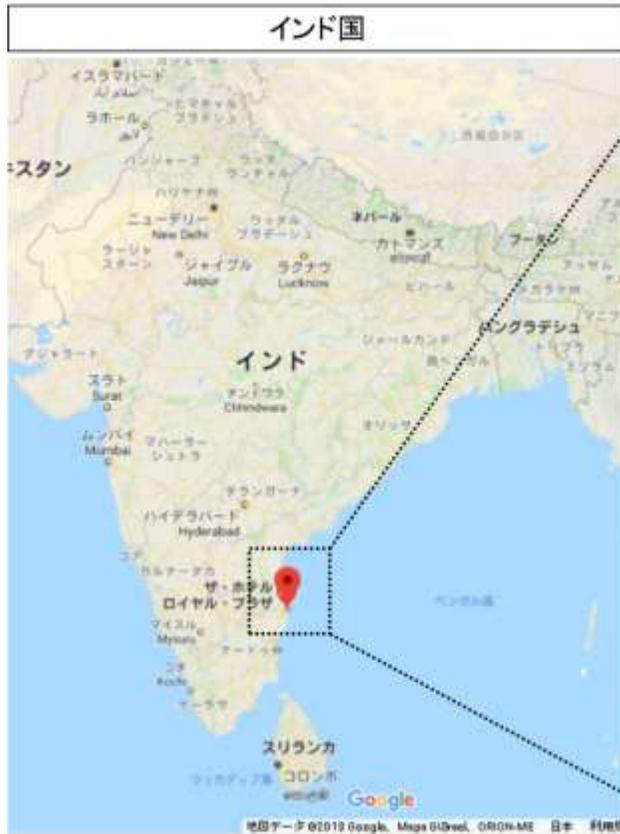
地図 i

略語表 ii

第1章 要約	1
1.1. 要約	1
1.2. 事業概要図	2
第2章 本事業の背景	3
2.1. 本事業の背景	3
2.2. 普及対象とする技術、及び開発課題への貢献可能性	3
2.2.1. 開発課題への貢献可能性	3
第3章 本事業の概要	4
3.1. 本事業の目的及び目標	4
3.1.1. 本事業の目的	4
3.1.2. 本事業の達成目標（対象国・地域・都市の開発課題への貢献）	4
3.1.3. 本事業の達成目標（ビジネス面）	4
3.2. 本事業の実施内容	5
3.2.1. 実施スケジュール	5
3.2.2. 実施内容	5
第4章 本事業の実施結果	10
4.1. 現地調査	10
4.1.1. 交通状況概況	10
4.1.2. バス事業の概要と運用状況	11
4.1.3. 公共交通機関の接続	15
4.1.4. 公共交通機関のデータ整備状況	17
4.1.5. 要求事項の事前整理	19
4.2. デモシステム概要	19
4.2.1. デモシステムの構成	20
4.3. 技術検証	22

4.3.1.	プローブ情報処理システムの評価	22
4.3.2.	バス到達時刻の精度評価	28
4.3.3.	モダリティ識別技術の評価	31
4.4.	ワークショップ	32
4.4.1.	実施目的	32
4.4.2.	実施概要	32
4.5.	技術セミナー	37
4.5.1.	実施目的	37
4.5.2.	技術セミナーの内容	38
第5章	本事業の総括（実施結果に対する評価）	39
5.1.	本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）	39
5.1.1.	本事業の成果（ビジネス面）	40
	参考文献	42

地図



略語表

略語	正式名称	日本語名称
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
ITS	Intelligent Transport Systems	高度道路交通システム
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards	大気環境指数
MTC	METROPOLITAN TRANSPORT CORPORATION (CHENNAI) LTD.	チェンナイ都市圏交通公社
MoU	Memorandum of Understanding	基本合意書
NO ₂	Nitrogen dioxide	二酸化窒素
SCM	Smart City Mission	スマートシティミッション
SO ₂	Sulfur dioxide	二酸化硫黄
TNIDB	Tamil Nadu Infrastructure Development Board	インド国タミナール州政府インフラ設備機関
OD	Origin and Destination	出発地と到着地
PM ₁₀	Particulate Matter	粒子状物質
VMS	Variable Message Sign	可変情報表示装置

第1章要約

1.1. 要約

インド国では年々人口が増加しており、国際連合の発表した世界の人口推計に関する報告書¹によると、2013年には世界第2位の12.5億人であるのに対し、2028年には14.5億人に達し、世界第1位となると予測されている。また自動車、二輪車の数も年々増加しており、インド国における自動車販売台数は2013年には世界5位の約300万台であったのに対し、2024年にはその4倍以上の1,300万台まで増加し、世界第3位となると予測されている。²これにより、今後の更なる交通渋滞の悪化が懸念されている。また、交通渋滞の悪化に伴い大気汚染等の交通公害も深刻化しており、早急な対応が必要となっている。公共交通機関の利用に関しては、バス利用向けの情報提供サービスが存在しているものの、その情報精度および機能は十分ではなく、交通渋滞の状況によりバス停での待ち時間が大きく変動することや、バス・メトロ等の乗り換えを考慮した経路探索が困難である等という課題が存在している。またバス事業者に対しては、バス運行情報の見える化がされておらず、利用者の需要や交通渋滞の傾向を把握できないため、バスの路線や運行本数等が適切であるか判断できない状態となっている。

本事業では、現在インド国にて開発課題となっている交通渋滞の解消を目的として、今後導入が検討されている社会インフラ（交通管制システム）に蓄積されるデータが、バス利用者および事業者向け情報提供サービスにおいても有効であることを明らかにし、それを現地政府、バス事業者(MTC)へ提示することを達成目標とする。さらに、今後のビジネス展開を念頭におき、本事業終了時点で現地企業との協業を開始し、現地政府、MTCとの信頼関係の証としてパートナー締結書を取り交わすことも達成目標とする。

この目標を達成するため、まずは現地調査にて現地の交通状況の把握や、MTCのシフトデータや時刻表データ等を入手した。また、現地の要望をヒアリングし、バス運行の正確な把握による市民への運行案内の実現およびバス運行の正確な把握による運行計画の見直しが上がった。この現地調査結果をもとに、本事業の普及対象技術である、プローブ情報処理システムとバス利用者および事業者向け情報提供システムをベースとしたデモシステムを製作し、技術検証を3点の評価項目に分けて実施した。1点目の評価項目に関しては、MTCのバスプローブデータを収集し、プローブ情報処理システムを活用して、チェンナイ市内の各道路における旅行速度を求めた。このバスプローブを活用して交通情報が正しく作成できているかを評価するため、タクシープローブを収集し、これを実際の交通情報として、バスプローブから算出した平均旅行速度とタクシープローブから算出した平均旅行速度を比較した。その結果、誤差は許容範囲内であった。2点目の評価項目に関しては、算出したバス旅行速度を活用して、バス利用者および事業者向け情報提供システムにて、バスの到着時刻を予測し、実際のバス到着時刻と比較した。その結果、精度は目標の70%を上回ることができた。3点目の評価項目に関しては、スマートフォンを携帯した人からもプローブデータを収集し、プローブ情報処理システムを活用してモダリティの自動識別が可能かどうか実証した。この識別結果が正しいかどうか評価するため、被験者に利用した交通手段を記録、申告してもらい、その結果とシステムが判別したモダリティ識別結果を比較したところ、認識精度が目標値をわずかに上回り、インド国においてもモダリティ識別技術が適用できることを確認できた。

製作したデモシステムのシステム構築、オペレーション等について現地企業へレクチャーを行い、参加メンバーが実際にレクチャーした内容を体験するワークショップを開催した。理解度をアンケート形式で評価したところ、90%以上の理解度を得ることができ、結果は良好であった。更にMoUを締結することができ、協業を開始する合意を得ることができた。現地政府、MTCとの信頼関係の証としてパートナー締結書を取り

交わすにあたり、提案技術に対する理解促進を図るとともに、導入意欲の向上効果を目的として、製作したデモシステムのデモンストレーションと、前述した技術評価の結果をMTCへ報告する技術セミナーを開催した。参加者とディスカッションを行い、MTCの導入意欲を確認したところ、早急にシステムを導入したいとのことであった。

1.2. 事業概要図

図 1.2-1 に事業概要図を示す。

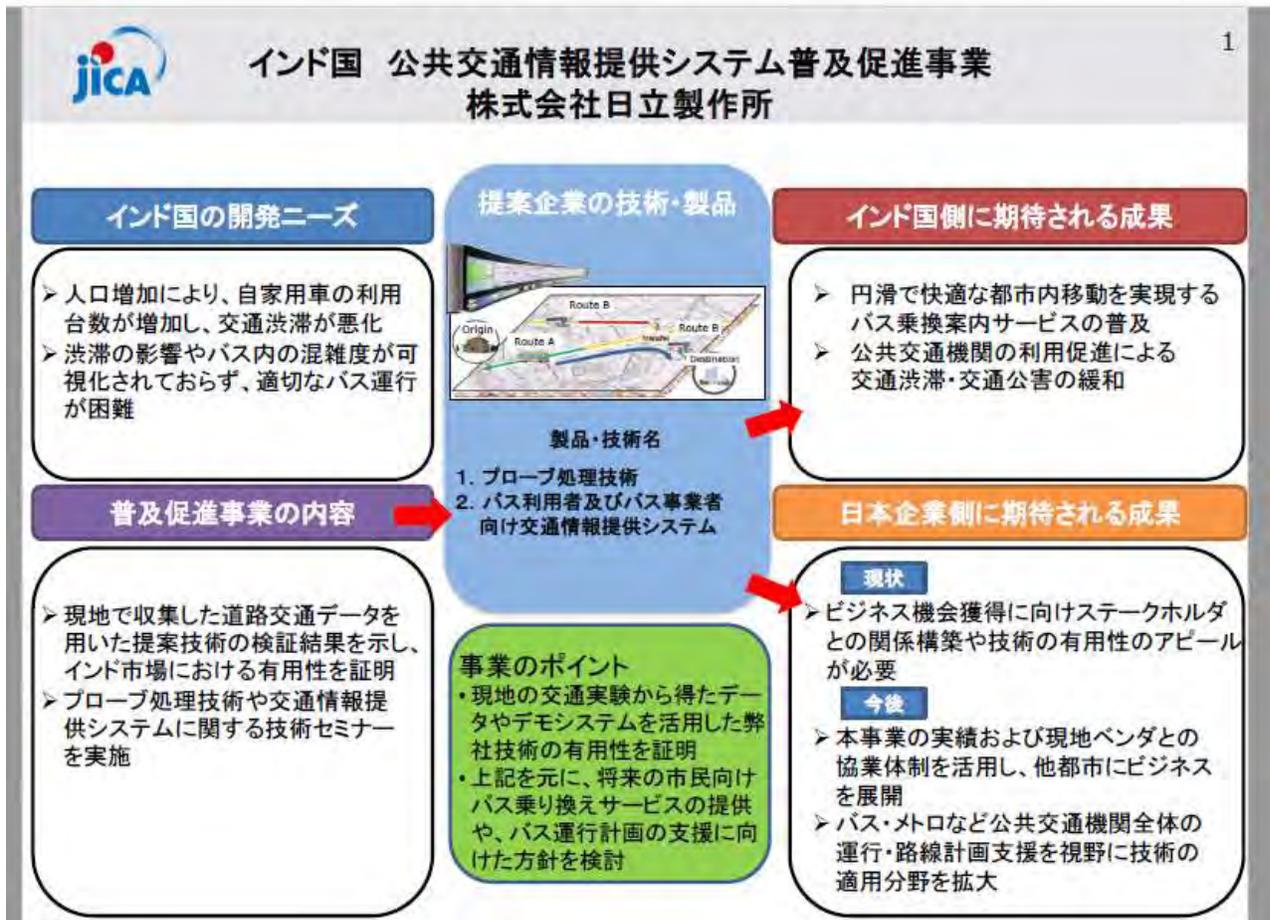


図 1.2-1 事業概要図

第2章本事業の背景

2.1. 本事業の背景

インド国では年々人口が増加しており、国際連合の発表した世界の人口推計に関する報告書¹によると、2013年には中国に次いで世界第2位の12.5億人であるのに対し、2028年には14.5億人に達し中国を抜いて世界第1位となると予測されている。また自動車、二輪車の数も年々増加しており、インド国における自動車販売台数は2013年には世界5位の約300万台であったのに対し、2024年にはその4倍以上の1,300万台まで増加し、世界第3位となると予測されている。²これにより、今後の更なる交通渋滞の悪化が懸念されている。また、交通渋滞の悪化に伴い大気汚染等の交通公害も深刻化しており、早急な対応が必要となっている。

公共交通機関の利用に関しては、バス利用向けの情報提供サービスが存在しているものの、その情報精度および機能は十分ではなく、交通渋滞の状況によりバス停での待ち時間が大きく変動することや、バス・メトロ等の乗り換えを考慮した経路探索が困難である等という課題が存在している。またバス事業者に対しては、バス運行情報の見える化がされておらず、利用者の需要や交通渋滞の傾向を把握できないため、バスの路線や運行本数等が適切であるか判断できない状態となっている。

2.2. 普及対象とする技術、及び開発課題への貢献可能性

2.2.1. 開発課題への貢献可能性

現在インド国では、交通渋滞解消を目的とした交通管制システムの導入が計画されている。また、インド国ではIT等を駆使したスマートシティの建設を目的とした政策（スマートシティミッション）が掲げられており、第一期対象都市（100都市中の20都市）としてチェンナイ市が選定されている。

社会インフラ（交通管制システム）の導入により蓄積されたデータを活用し、本普及対象の技術を導入することで、適切なバス運行計画（運行間隔の適正化、路線の増設・廃止等）の策定が可能になり、バスサービスの持続的な品質の向上を実現する。バス利用者および事業者向けのサービスを起点とし、その他の公共交通機関向けのサービス（複数モビリティの乗換案内等）や蓄積データを活用した需要分析による効果的な公共交通機関の建設等を行うことで、都市交通全体における市民の利便性の向上を実現する。また、バス含む公共交通機関の利便性向上に伴い、自家用車の利用者が減少し公共交通機関の利用者の増加が見込まれ、交通渋滞の緩和にも寄与する。これにより、日常生活の相当部分を占める移動時間をビジネスや娯楽等に有効活用することが可能となり、多様なライフスタイルが形成され、ゆとりのある質の高い国民生活の実現に大いに貢献すると期待される。

第3章 本事業の概要

3.1. 本事業の目的及び目標

3.1.1. 本事業の目的

弊社技術を活用した現地ビジネス展開を可能とするために、以下3点を目的として本事業を実施した。

- ①弊社技術を現地で検証することで、現地政府、バス事業者であるMTCが技術内容を理解するよう促し、技術導入に向けた検討を進める。
- ②現地政府、MTCとの信頼関係構築により、提案活動のチャネルを確立する。
- ③現地企業の教育を実施することで、現地ビジネス展開のための体制の確保と強化を行う。

3.1.2. 本事業の達成目標（対象国・地域・都市の開発課題への貢献）

本事業では、現在インド国にて開発課題となっている交通渋滞の解消を目的として、今後導入が検討されている社会インフラ（交通管制システム）に蓄積されるデータが、バス利用者および事業者向け情報提供システムにおいても有効であることを明らかにし、それを現地政府、MTCへ提示することを達成目標とする。

このように、現地政府とバス事業者に対して弊社技術の有効性を示すことで、交通管制システムの導入意欲の向上に繋げる。本事業の成果を通じて、本番システムの速やかな導入と、継続的な技術提供およびビジネス拡大が可能になると考える。

3.1.3. 本事業の達成目標（ビジネス面）

本事業の終了時点にて現地企業との協業を開始することを達成目標とする。現地企業との協業については、弊社技術を用いた現地ビジネスを展開するにあたり、現地政府、バス事業者との折衝やシステム構築・運用を低コスト化するために必要であると考えます。

そのため、本事業では今後のビジネス展開時に提案する技術に関するシステム構築・運用に必要な教育を、現地企業向けにワークショップという形で開催し、現地企業に弊社の現地ビジネスに対する想いを理解頂き協業に向けた覚書きを取り交わす。

また、現地政府、バス事業者との信頼関係の証としてパートナー締結書を取り交わすことを達成目標とする。本事業では、バス事業者との信頼関係を築くための取り組みとして、現状抱えている潜在ニーズを引出すことを目的とした要求事項の整理のためのヒアリングを実施すると共に、弊社技術に対する理解促進と導入意欲の向上を目的として、技術セミナーを開催する。理解度の確認を達成目標とするため、アンケートを作成してイベント終了後に記載してもらう。

本イベントで取得したアンケート結果は本事業終了時の政府、バス事業者の潜在ニーズが含まれている内容であることを想定しており、今後も継続的にビジネスを共に検討していくうえでベースとなる情報として使用する予定である。

3.2. 本事業の実施内容

3.2.1. 実施スケジュール

本事業の実施スケジュールを図 3.2-1 に示す。契約は、2017 年 10 月の契約締結日より、2018 年 2 月に実施する本報告書提出をもって完了する。

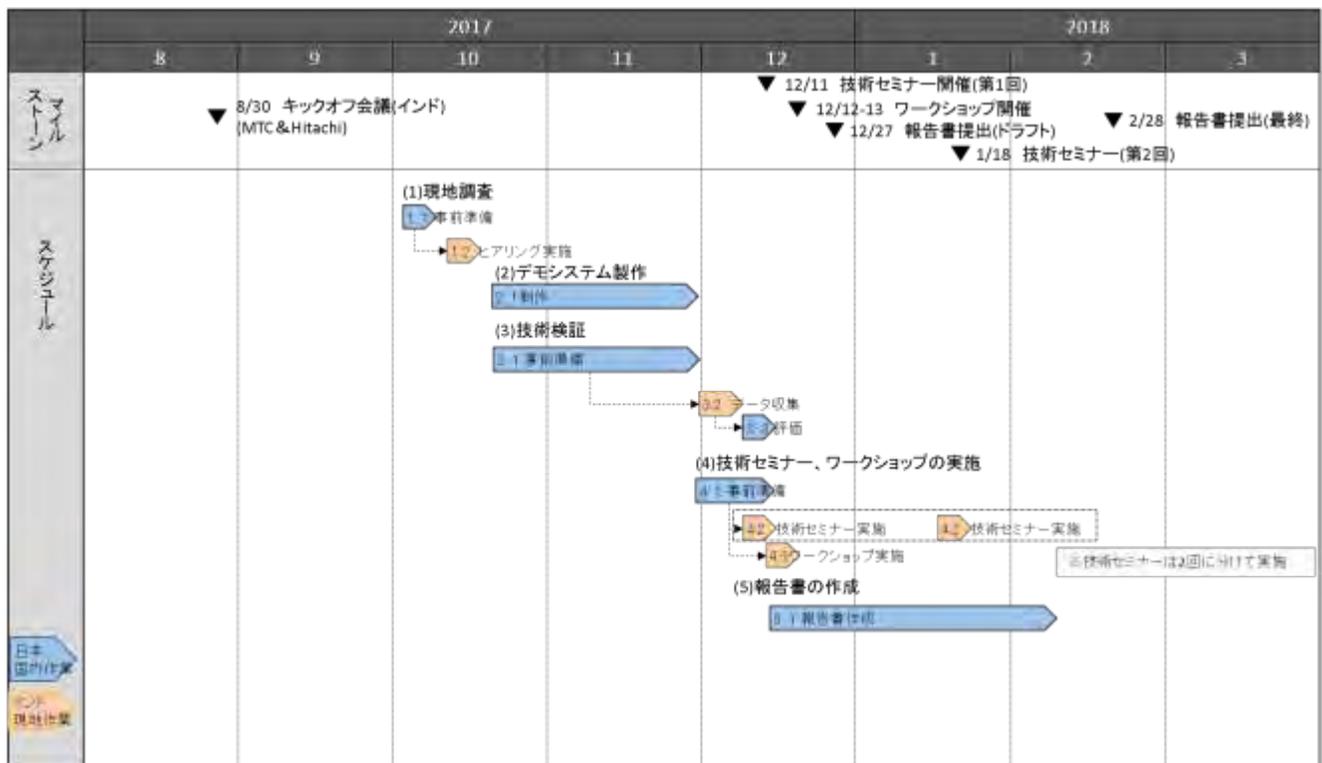


図 3.2-1 実施スケジュール

3.2.2. 実施内容

(a) 本邦受入活動の目的と活動概要

インド国においては、インド政府関係者の民間連携事業による海外渡航（本邦受入）は、手続きに時間を要する等、実施困難であるため実施しない。

(b) 現地活動の目的と活動概要

現地活動は、現地での本普及対象技術の検証と、技術を活用したビジネスのデモを通じて現地での政府、バス事業者、市民へのヒアリングによるニーズ・要件の整理を目的として実施する。具体的には、現地調査、デモシステム製作、要求事項整理、技術検証、技術セミナー・ワークショップを実施する。

i 現地調査

デモシステム製作に必要なデータの入手、および、現地での技術検証範囲に対する現地政府からの要望などをヒアリングにより抽出する。

ii デモシステム製作

将来的な本普及対象技術を活用したビジネス展開に向けて、政府のビジネスへの要求事項整理等を効果的に実施するために製作を行う。政府、バス事業者のニーズを考慮し、製作するデモシステムには優先度をつけ、優先度の高いシステムについては、デモ環境を現地にて調達したサーバおよびノートPCに構築を行う。優先度の低いシステムについては、デモムービーを製作する。

iii 技術検証

将来的にビジネスを展開するうえで、処理・加工された交通情報の精度は、サービス品質の高低に関する。インド国の電子地図、プローブデータを使って、デモシステムを通じて処理した結果の精度を検証するために、現地にてシナリオに沿って人手で情報を収集し比較検証を実施する。これにより、将来的なサービス提供のために十分な精度が確保されていることを確認する。具体的には、50台のスマートフォンをチェンナイ市に活用して以下の3種類の検証を行うことを想定している。

- ① 走行するバスのプローブデータをスマートフォンによって4日間収集し、デモシステムにて市内中心部の旅行速度を生成し、渋滞頻発箇所の特定期間帯や交通需要のピーク時間帯やオフピーク時間帯の把握が可能なデータが生成されることを確認する。
- ② デモシステムが算出するバス停到着予測時刻の精度を検証するために、走行するバスのプローブデータをスマートフォンによって4日間収集して到着予測時刻を算出すると共に、現地にて実態と比較して到着予測時刻の精度を検証する。
- ③ スマートフォンを携帯させた被験者から4日間のGPSデータ及び加速度センサデータを収集し、被験者の移動経路と利用交通機関に関する実態と自動識別結果を比較することで精度を検証する。

iv 技術セミナー、ワークショップの実施

MTC、TNIDB 等のバス事業者、政府機関との関係構築、本普及対象技術を活用したビジネスへの理解促進、現地企業の育成を目的として、実施する。技術セミナーは、MTC、TNIDB 等のバス事業者、政府機関を招集し、提案技術に対する理解促進を図るとともに、導入意欲の向上効果を狙う。ワークショップでは、現地企業向けに、座学と実践を通じて、本普及対象技術の優位性、有用性、発展性に関して理解を促し、技術力の向上、組織的能力の向上を図る。

表 3.2-1 本事業の実施内容（概要）と達成目標

#	タスク ビジネス展開に向けて 事業内に実施すべき 項目	活動計画				実施内容	目標（事業終了時の状態）
		2017/10	2017/11	2017/12	2018/1		
1	現地調査	■ ■ ■ ■				<ol style="list-style-type: none"> ① 計画書を作成する ② Web・文献などから交通機関の整備状況の情報収集を行う ③ 各種データの整備状況の調査を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画書に挙げた調査観点に対して全ての情報が収集・調査できていること。
2	デモシステム製作		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■			<ol style="list-style-type: none"> ① デモのシナリオを作成する ② デモシステム・ムービーを製作する 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象都市の地図データなどの基本情報がデモシステムに反映されていること。
3	技術検証			■ ■ ■ ■		<ol style="list-style-type: none"> ① 計画書を作成する ② 検証を実施する ③ 検証結果を分析する ④ 報告書を作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通情報、到着時刻予測、モダリティ識別の各精度が70%以上であること。
4	ワークショップ				■ ■ ■ ■	<ol style="list-style-type: none"> ① 計画書を作成する ② ワークショップを実施する。 ③ 報告書を作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークショップで行うシステム構築、オペレーションについての理解度をアンケートにて確認を行う。アンケート結果が理解度90%以上であること。 ・現地企業との協業を開始する覚書を取り交わすこと。
5	技術セミナー				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	<ol style="list-style-type: none"> ① 計画書を作成する ② 技術セミナーを実施する。 ③ 報告書を作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術セミナーで行う要素技術と今後のビジネス展開についての理解度をアンケートにて確認を行う。アンケート結果が理解度90%以上であること。 ・政府、バス事業者とパートナー締結書を取り交わすこと。

表 3.2-2 資機材リスト

	機材名	型番	数量	用途	納入年月
1	プローブ処理 サーバ	Server Lenovo TS150- 70UAA007IH One Socket Tower Think Server	2	デモシステムに 利用	2017年10月
2	スマートフォン	Samsung Model no J7 Prime	50	デモシステムに 利用	2017年10月
3	ノートPC (Core i7)	Laptop Asus i7 R558UQ- DM701T	1	デモシステムに 利用	2017年10月
4	ノートPC (Core i3)	Laptop Asus i3 X541UA- G01345D	4	デモシステムに 利用	2017年10月
5	DB ソフトウェア	Software Oracle Database 12C standard edition L103399	1	デモシステムに 利用	2017年10月
6	OS	Software Microsoft Windows Professional 10 SNGLOLP License part no FQC-09478	7	デモシステムに 利用	2017年10月
7	電子地図	Map Data and Transit Data set for Chennai	1	デモシステムに 利用	2017年10月

第4章本事業の実施結果

4.1. 現地調査

4.1.1. 交通状況概況

チェンナイ市の交通需要変化を把握するため、チェンナイ都市開発局が、2026年に向け2010年8月に発表したマスタープラン（第2版）「Chennai Comprehensive Transportation Study」³より、近年のチェンナイ市交通状況の概況を確認した。また、一部最新情報についてはWebでも合わせて調査した。本節では、本活動に関連する確認結果を報告する。

(a) 交通需要の変化

2015年度の自動車数は493万台以上で、2004年度と比較すると2.4倍以上に急増している⁴。また、チェンナイ市自家用車両の種類別の1992-95年と2008年の調査結果³を参照すると、各家庭での自家用車保有率が顕著に増加したことがわかる。

以上より、チェンナイ市では自家用車を含めた車両が急増している状況がわかる。

2004年から2009年にかけてのMTCのバス所有台数推移³を参照すると、MTCの2009年バス所有台数は、約3,300台となり、2004年から2009年にかけてバス台数は17.8%増加していた。また、1971年から2008年のチェンナイ市の人口の推移および2026年の予想される人口³を参照すると、2001年から2008年にかけての人口増加率は17.3%増であった。また、2016年時点で約960万(96Lakhs)人であり⁵、2008年から比較すると、人口増加率は16.2%である。

以上より、人口増加に合わせてバス需要が増加し、バス台数が増加したと考えられる。

(b) 交通渋滞

2008年のチェンナイの道路別平均車両移動速度³を参照すると、中心部に向かう道路では、時速20km以下でしか移動できない状況となっていたことが分かる。1992年の計測値と比較すると、調査対象全道路の平均移動速度は、16年間で14%遅くなっていた。

(a)の結果と合わせると、車両数増加により、中心部に向かう道路では渋滞が発生していると考えられる。

(c) 交通事故

1995年から2008年の交通事故数推移³を参照すると、交通事故数は13年間4,000件以上継続発生しており、死者数は年平均625人と報告されている。なお、2016年には7,486件の交通事故が発生している⁶。

(d) 環境負荷

チェンナイ市内の大気に含まれる二酸化硫黄(SO₂)、二酸化窒素(NO₂)、粒子状物質(PM₁₀)の量の推移⁷を参照すると、自動車からの排気ガスに含まれる物質の一つである粒子状物質は環境大気基準(NAAQS : National Ambient Air Quality Standards)を上回っている。

4.1.2. バス事業の概要と運用状況

バス事業概要を把握するため、MTC へのインタビュー調査およびMTC 車両への乗車調査を行い整理した。

(a)MTC の概要

MTC は、チェンナイ市でバスサービスを提供するバス事業者である。表 4.1-1 に示す通り、833 路線を3,964 台のバスで運営しており、一日当たりの乗客数は480 万人となっている。市民の生活を支える交通機関となっていることがわかる。

表 4.1-1 MTC 概要(2017 年3 月末時点)

No.	項目	数量
1	バスデポ数 ※バスデポとは車庫と同義である	33 カ所
2	バス車両数	3,964 台
3	バス路線数	833 本
4	従業員数	24,223 人
5	一日当たりの乗客数	4,800,000 人

出典：MTC Web ページ⁸

(b)MTC のバスサービス

●バス車両

MTC のバス車両を図 4.1-1 に示す。バス前方上部には、バス路線名および目的地と経由地の表示がある。表示方法は、電光版タイプと紙製タイプがある。バス利用者数が多い路線では、2 両連結したバスの運行を行っている。全体的に老朽化した車両が多く、扉がない車両、扉があっても故障して開いたままの車両が多く運行されている。バス内の設備の確認では、車載器やバス内カメラなど、バスの運行を支援する機器や記録する機器は確認できなかった。



図 4.1-1 MTCのバス車両

●運賃集金方法

MTCでは、インド国内のその他バス事業者と同様に、バスコンダクタと呼ばれる従業員がバスに乗車し、バス利用者から運賃を徴収する仕組みで運営されている。図 4.1-2 は、MTCのバスコンダクタが使用している機器の写真である。本機器では、バス利用者が乗車したバス停と、バス利用者が述べた目的地を入力することにより、区間に応じて運賃が計算される機能と、領収書を発行する機能があった。バスコンダクタは、運賃と引き換えにこの領収書をバス利用者到手渡す流れで、運賃を集金している。



図 4.1-2 バスコンダクタが利用する機器(ハンディターミナル)

●バスターミナル、バス停の状況およびバス運行状況

MTCのバス路線では、出発地点と目的地点にバスターミナル駅が設定されている。図 4.1-3 はバスターミナルの写真である。複数の屋根付きレーンが用意されており、レーンの上部には停車する路線名が記載されたボードが掲示されている。

バス時刻は、始発バスの出発時刻と最終運行時刻の目安のみが決められており、交通渋滞や天候の影響を受ける日中の時刻表は作成されていない。また、ドライバーとバスコンダクタの遅刻は日常的に多く、始発出発時刻も予定通りではないことが多いようであった。そのため、バスの到着時刻、出発時刻は予測できない。



図 4.1-3 バスターミナル (ターミナル名 : Thiruvanniyur)

図 4.1-4 はバス停の様子である。左図のように、幹線道路沿いにあるバス停は、屋根とベンチが設置されていることが多く、バス停だと識別できる。一方、右図のように、バス停の目印が一切ないがバス停として利用されている場所もあり、日常的に利用していない人は Web 上の地図等でバス停位置を確認する必要がある。



図 4.1-4 バス停

屋根やベンチが設置されているバス停には図 4.1-5 に示す通り、停車するバス路線を示す掲示板がある。しかしながら、情報が更新されておらず、廃線となった路線も記載されたままである箇所もあった。最新情報は Web 上で確認する必要がある。



図 4.1-5 バス停に掲示された停車バス路線の一覧

(c)MTC の業務

MTC のバスサービスを支える主要な就業タイプを表 4.1-2 に示す。これらの就業タイプは一日を通じて、表 4.1-3 の業務を実施する。出退勤管理や運賃集計がシステム化されていないことが影響し、MTC の業務は 24 時間通して行われている。ドライバーとバスコンダクタの就業時間は、一部のバスで日中にドライバーとバスコンダクタが交代する場合を除き、基本的には 16 時間連続勤務となる。タイムキーパーは 3 交代制となっており、就業時間は 8 時間勤務が基本である。

バススケジュールは年に一度見直す機会がある。現状は、券売機、またはバスコンダクタが手作業で記録した乗車・下車人数情報を元に見直しを行っている。

表 4.1-2 バスデポにおける就業タイプ

タイプ	役割
ドライバー	バスの運転を担当
バスコンダクタ	バス内での運賃回収を担当
タイムキーパー	バスデポにおいて、ドライバーとバスコンダクタの出退勤管理を担当
運賃集計担当	日次で運賃の集計を担当

表 4.1-3 日次業務

時間帯	ドライバー	バスコンダクタ	タイムキーパー	運賃集計担当
4:00 - 8:00	バスデポに出勤		出勤確認及び 機材類の受け渡し	
	バスデポを出発			
8:00 - 21:00	バスデポ間を往復			
21:00 - 翌 1:30	最終運行を終えバスデポに到着		退勤確認及び 機材類と運賃の 回収	
翌 1:30 - 翌 4:00				運賃集計

4.1.3. 公共交通機関の接続

公共交通機関の接続状況を確認するため、バスルート情報(563 路線)、バス車庫情報(34 か所)、バス停情報(4,430 か所)、鉄道路線情報を入手した。実証実験で利用するバス関連情報は、位置情報付きのデータとして入手した。図 4.1-6、図 4.1-7 には、入手したバス停情報を示す。入手した鉄道および主要なバス路線情報からは、市内 10 か所以上で鉄道とバスが接続していることがわかる。また、図 4.1-6、図 4.1-7 からは、バス停が市内のあらゆる場所に設置されていることがわかる。これらのことから、日本のような高度化された公共交通と同様に、鉄道による長距離移動、バスによる市内移動という役割分担が考慮されていることが読み取れる。

4.1.4. 公共交通機関のデータ整備状況

本調査では、将来的なバス利用者および事業者向け情報提供システムの構築に向けて、入手可能なデータを調査した。調査対象は、MTC が保有するデータと、現地で電子地図データの製作および販売を手掛けている大手電子地図ベンダが販売している公共交通に関するデータとした。

(a) MTC が保有するデータ

MTC へのヒアリングを通じて、ドライバーとバスコンダクタの出退勤管理と運賃収集管理のために、MTC は表 4.1-4、表 4.1-5 のデータを保有していることを確認できた。表 4.1-4 から、各バスのスケジュールに関しては、開始時刻と終了時刻定められているのみであり、バス運行中のスケジュールに関しては管理されていないことがわかる。また、バスに車載器等が設置されておらず、バス運行の実績も詳細には把握されていない。これらデータ整備状況から、現状においてはバス運行の改善や、市民へのバス運行状況の提供が困難であると考えられる。

表 4.1-4 シフトデータ

#	データ名称	内容
1	バスデポ名	ドライバーとバスコンダクタが出勤するバスデポ名
2	バス路線名	ドライバーとバスコンダクタが担当するバス路線名
3	バスサービス名	同一バス路線内のバス車両を識別するためにつけられたアルファベット (始発を A として、順番にアルファベットが振られる)
4	ドライバー	ドライバーの従業員番号および氏名
5	バスコンダクタ	バスコンダクタの従業員番号および氏名
6	シフト	ドライバーとバスコンダクタの交代があるか否か
7	出発地	バスが出発するバスデポ
8	目的地	バスが到着するバスデポ
9	開始時刻	バスデポを最初に出発する時刻
10	終了時刻	バスデポに戻り、ドライバーとバスコンダクタが業務を終了する時刻

表 4.1-5 ハンディターミナルで管理するデータ

#	データ名称	内容
1	バス路線名	データ名称の通り
2	バスサービス名	同一バス路線内のバス車両を識別するためにつけられたアルファベット (始発を A として、順番にアルファベットが振られる)
3	バス停名	データ名称の通り
4	乗車人数	各バス停で乗車した人数
5	合計運賃	各バス停で収集した運賃

(b) インド国内で流通する公共交通に関するデータ

現地で電子地図データの製作および販売を手掛けている大手電子地図ベンダは、インド各都市についての電子地図データを取り扱っているが、本報告書ではチェンナイ市におけるデータについて報告する。チェンナイ市においては、表 4.1-6 の公共交通機関についてデータが整備されている。

表 4.1-6 入手可能な公共交通機関一覧

No.	公共交通機関名称	概要
1	MTC	チェンナイ市内でバスサービスを提供するバス事業者
2	Chennai Metro Rail Limited	チェンナイ市のメトロ事業者
3	Indian Railway	インド国の国有鉄道事業者

それぞれの公共交通機関について、表 4.1-7 のデータが整備されている。これらは、バス運行の改善や、市民へのバス運行状況の提供を実現する上で重要なデータと考えられる。ただし、バスがバス停に到着する時刻は、実際には渋滞状況や天候などによる乖離が指摘されており、大体の目安としての利用に制限される。また、乗り換えを含むルートにバスを含める場合は、バスのリアルタイムの運行状況を加味した到着時刻の精度の向上が必要になると考えられる。

表 4.1-7 入手可能なデータの種類

#	データ名称	内容
1	路線一覧	路線を識別する ID、路線名称の一覧
2	駅・停留所一覧	駅・停留所の位置の一覧
3	路線形状	路線が通る経路の形状（MTC であればバスが通過する道路の形状）
4	時刻表	各駅、停留所に車両が到着する時刻 (人海戦術による現地調査により収集されたデータ)

4.1.5. 要求事項の事前整理

(a) 整理方法

要求事項を整理するため、下記2つのステップを実施した。なお、本章では①の事前ヒアリング結果を中心に報告する。

① 事前ヒアリング(現地調査時に実施)

政府、バス事業者のニーズ確認のため、MTC の関係者へのヒアリングを実施

② 要求事項整理

上記事前調査結果を元にデモシステムを構築した後、そのシステムを技術セミナーにて紹介し、要求詳細のヒアリングを実施

(b) 要求事項の事前整理結果

今回の事前ヒアリング結果、バス利用者の利便性向上、およびバス利用者数増加という明確な効果を鑑み、下記2点が州政府と MTC にとって優先して実現すべき要求事項だと仮説を立て整理した。

1. バス運行の正確な把握による市民への運行案内の実現
2. バス運行の正確な把握による運行計画の見直し

4.2. デモシステム概要

4.1.5 で整理した要求事項に応じて、技術セミナーで利用するデモシステムを製作した。本項では、デモシステムの構成、利用している技術概要、機能について説明する。

4.2.1. デモシステムの構成

本事業にて準備したデモシステムの構成を図 4.2-1 に示す。本デモシステムでは、プローブデータと呼ばれるデータを活用し、バス利用者と事業者双方に有効な情報を生成する。このプローブデータとは、移動する車両や人から収集するデータであり、車両・人そのものに関するデータや、移動に関するデータをまとめたものである。本事業においては、プローブデータを MTC のバス、タクシー、チェンナイ市民から収集しており、表 4.2-1 に示すデータ項目を記録した。収集したプローブデータは、プローブ処理サーバのプローブ情報処理システムで処理され、バス利用者および事業者向け情報提供システムに利用される。そして、それらシステムが生成した情報は、ノート PC を通じて確認できる。以降で、プローブ情報処理システムで処理され、バス利用者および事業者向け情報提供システムについて説明する。

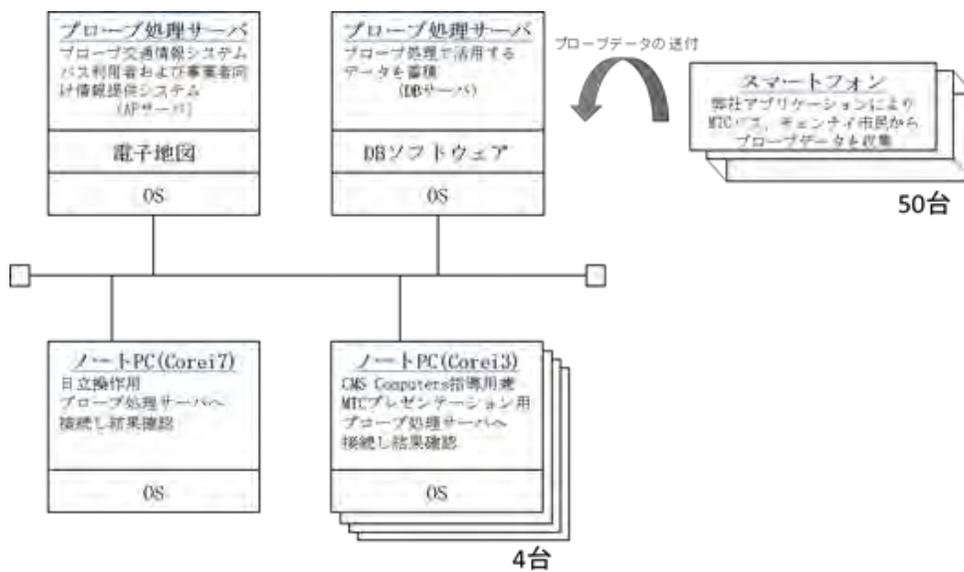


図 4.2-1 デモシステムの構成

表 4.2-1 デモシステムにて記録する項目

#	データ項目名	内容
1	識別 ID	MTC バス、チェンナイ市民を識別するための ID
2	データ記録日時	データが記録された日時（ミリ秒単位まで記録）
3	位置情報	緯度、経度
4	加速度	スマートフォンに搭載されている加速度センサのデータ
5	交通手段	チェンナイ市民が実際に移動に利用した交通手段を、アプリケーションを通じて手動で入力した結果（乗用車、バス、バイク、オートリキシャ、徒歩）

(a) プローブ情報処理システム

本システムは、プローブデータを入力とし、交通情報を生成するシステムである。このシステムの概要図を図 4.2-2 に示す。このシステムにより生成された交通情報は、プローブ交通情報と呼ばれ、主に各道路区間の旅行速度や旅行時間といった情報から構成されている。



図 4.2-2 プローブ情報処理システム概要図

(b) バス利用者および事業者向け情報提供システム

本システムは、バスのルート情報とプローブ情報処理システムから生成されるプローブ交通情報より、バスの出発時刻や到着時刻をバス利用者および事業者に提供するシステムである。ユーザは出発地と目的地、および出発したい時刻を入力すると、バス停での待ち時間や到着予定時刻を調べることができる。

4.3. 技術検証

本事業では、プローブ情報処理システムとそれに付随する技術が、バス利用者および事業者にとって有効であることを示すため、技術検証を行った。本項では、各検証についての概要および検証目的、検証内容、評価について報告する。

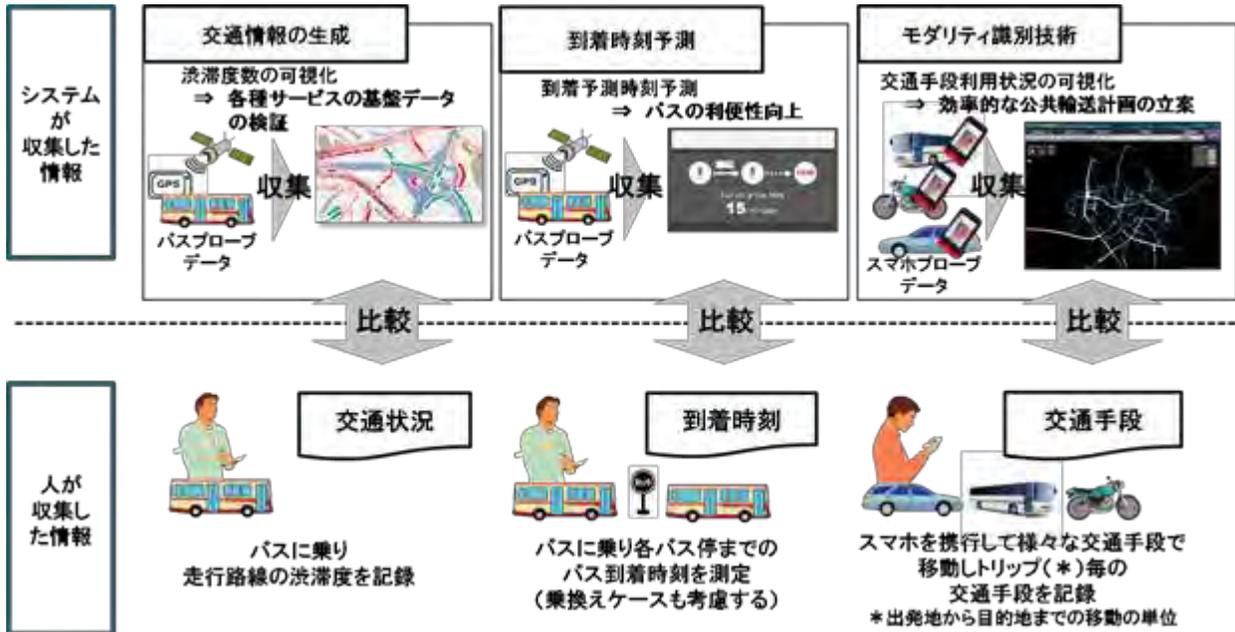


図 4.3-1 技術検証の概要

4.3.1. プローブ情報処理システムの評価

本節ではプローブ情報処理システムの技術検証について報告する。本事業では、バス利用者および事業者向け情報提供システムに対して、バスプローブデータから生成されるプローブ交通情報の利活用を提案している。そのため、本技術検証では、その交通情報が実用に資する精度を備えるか否かを評価した。

(a) 検証の目的

本検証では、バスプローブによるプローブ交通情報が、以下二つの観点を満たすことを、実データを基に評価することを目的とした。

- 各路線のバス車両数は 20 台前後と限られるが、路線上の旅行速度を広範囲に把握できること
- バス運行状況を把握する上で重要な交通渋滞等の傾向を把握できること

(b) 検証の内容

MTCにより選出されたバス路線 25 路線を検証対象とし、各路線から 2 台のバスを選出して合計 50 台のバスからプローブデータを収集した。また、バスの運行にはバス停での停車や、基本的に他車両の追い越しを行わないなど、一般交通流とは異なる運行傾向が含まれる可能性があることを考慮し、比較対象としてタクシー1 台からもプローブデータを収集した。その後、バスプローブデータ、タクシープローブデータそれぞれからプローブ交通情報を生成し、前項に記載した観点に基づいて評価を実施した。以降では、このプローブデータ収集およびプローブ交通情報生成の方法・条件について説明した後、収集したプローブデータおよびプローブ交通情報の評価結果について述べる。

(c) プローブデータの収集

プローブデータ収集作業は表 4.3-1 に示す条件にて実施した。

表 4.3-1 プローブデータ収集作業条件

項目	MTC バス	タクシー
期間	2017/11/30(木) ~ 12/03(日) の 4 日間	2017/11/30, 12/1
車両数	MTC バス 50 台 (路線数は 25、各路線 2 台選出)	1 台
収集範囲	チェンナイ市主要道を通るバス路線 (図 4.3-2 参照)	バス路線一部区間 (図 4.3-3 参照)
収集手段	弊社が開発したスマートフォン向けアプリケーションを使用。5m 以上の移動を検出し、機器 ID、緯度経度、測地時刻を記録。	同左
収集手順	以下手順を各日実施 1. 3時から8時の間に、チェンナイ市内 15 か所のバスデポ (図 4.3-2 参照) を訪問し、タイムキーパー立会いの下、バスコンダクタにスマートフォンを配布。 2. プローブデータ収集用アプリケーションを終日利用して、バス運行中のプローブデータをスマートフォン内に蓄積。 3. 23時から翌日1時の間に 15 か所のバスデポにてスマートフォンを回収。 4. 本事業向けに用意したサーバ環境へプローブデータをアップロード。	実際に現地タクシーに乗車して、プローブデータ収集用アプリケーションを利用してプローブデータを収集。交通需要のピーク、オフピーク時間帯のデータをそれぞれ収集できるよう、朝(7:00 - 9:00)、昼(14:00 - 15:00)、晩(17:00 - 19:00)にデータを収集。

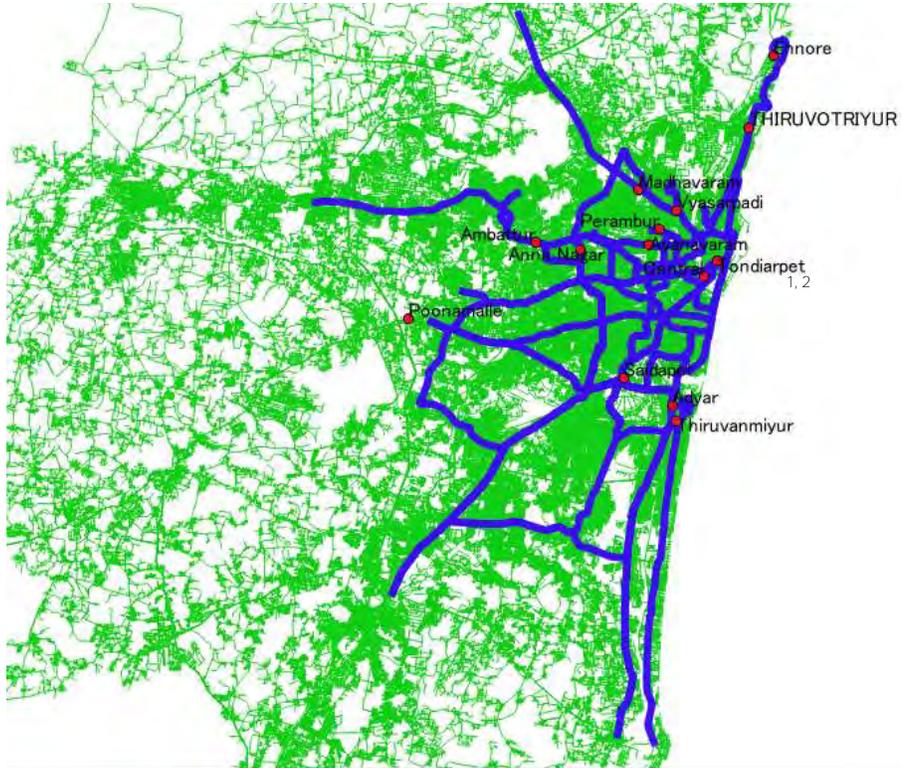


図 4.3-2 スマートフォンの配布・回収対象のバスデポおよび検証対象路線の全体図

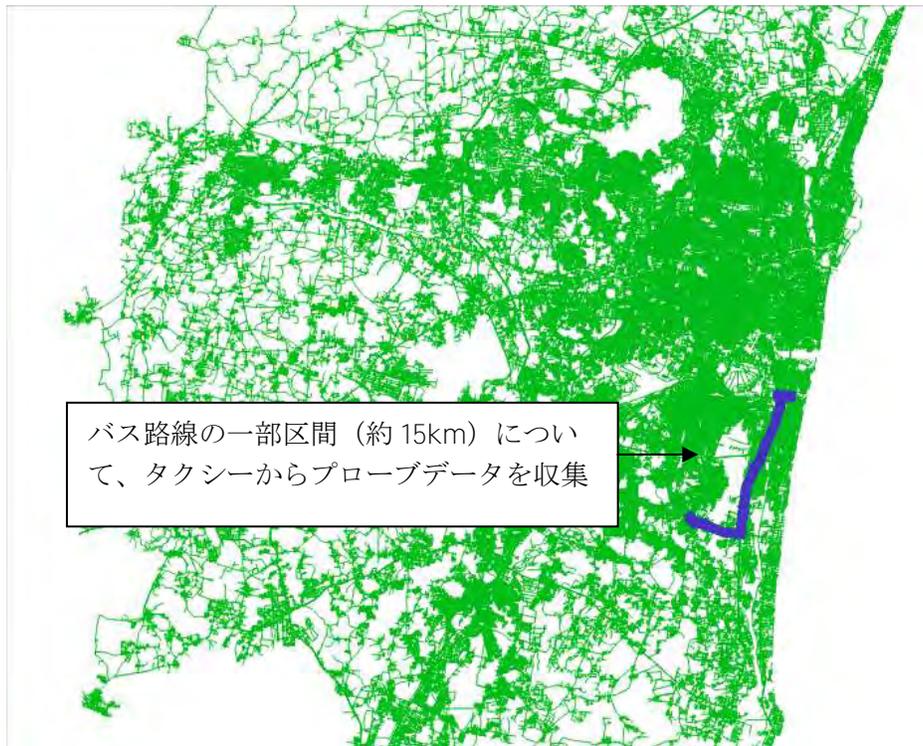


図 4.3-3 タクシー走行区間

(d)分析・評価

●収集したバスプローブデータの分析

図 4.3-4 に各日のプローブデータ収集件数、図 4.3-5 にプローブデータ収集を実施したバス車両数を示す。プローブデータ収集件数は、いずれの日も 100 万件を超えている。これは、平均すると各バスから約 3 秒周期でプローブデータが収集されている計算（※3）となり、高頻度で収集することに成功したと言える。しかしながら、バス車両数については、いずれの日も予定していた 50 台を下回っており、一部路線でプローブ交通情報が生成できない結果となった。なお、データを収集できなかった理由は、スマートフォンを配布する予定だったバスのドライバーまたはバスコンダクタが欠勤したことや、悪天候のためにバスコンダクタがスマートフォンの故障を危惧して受取り拒否をしたことである。

※3 プローブデータ収集件数をバス車両数で割り、1 件当たり何秒おきに収集されたか計算した結果

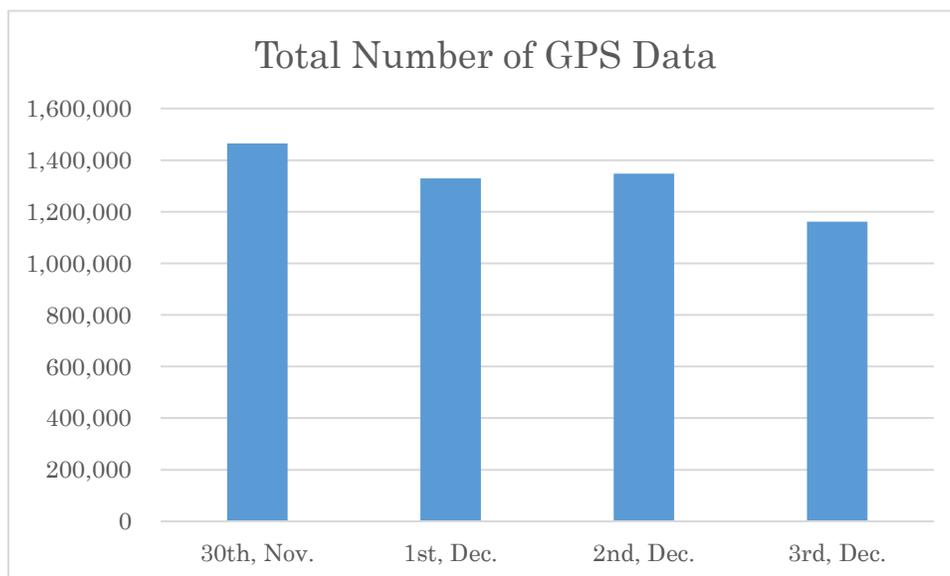


図 4.3-4 プローブデータ日別収集件数

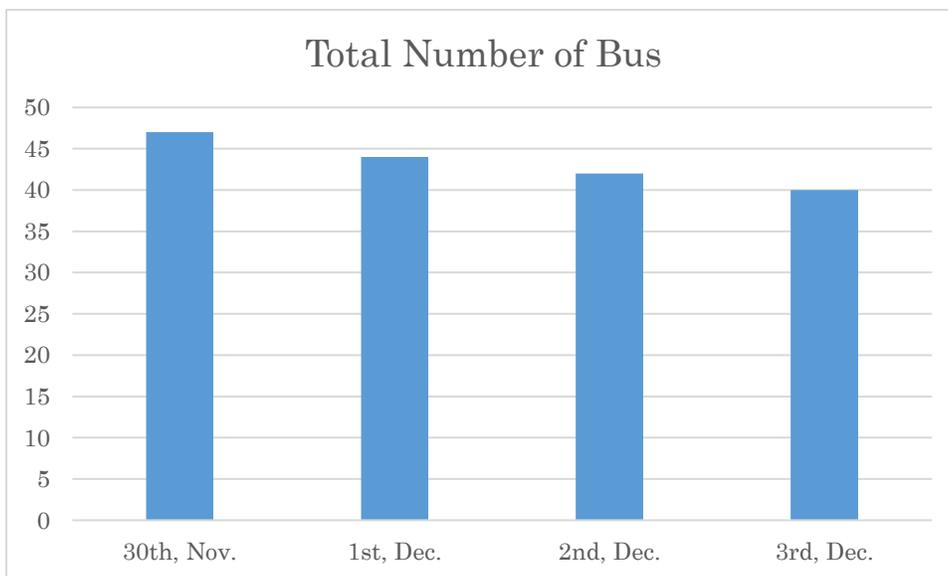


図 4.3-5 日別データ収集バス車両数

図 4.3-6 に時刻別のプローブデータ収集件数、図 4.3-7 に時刻別のプローブデータを収集したバス車両数を示す。プローブデータ件数は、プローブ交通情報の生成範囲・精度ともに影響を及ぼすため、時間推移に関わらず安定して多くの件数を収集できることが望ましい。図 4.3-6、図 4.3-7 からは、各路線について、いずれの日も 9 時から 23 時まで安定してプローブデータを収集できたと考えられ、望ましい結果が得られたと言える。

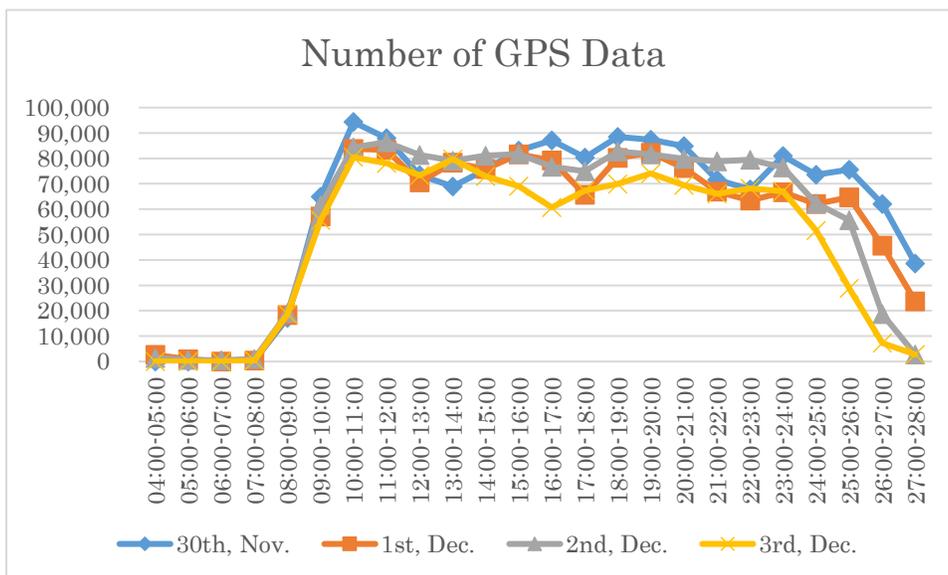


図 4.3-6 時刻別プローブデータ収集件数

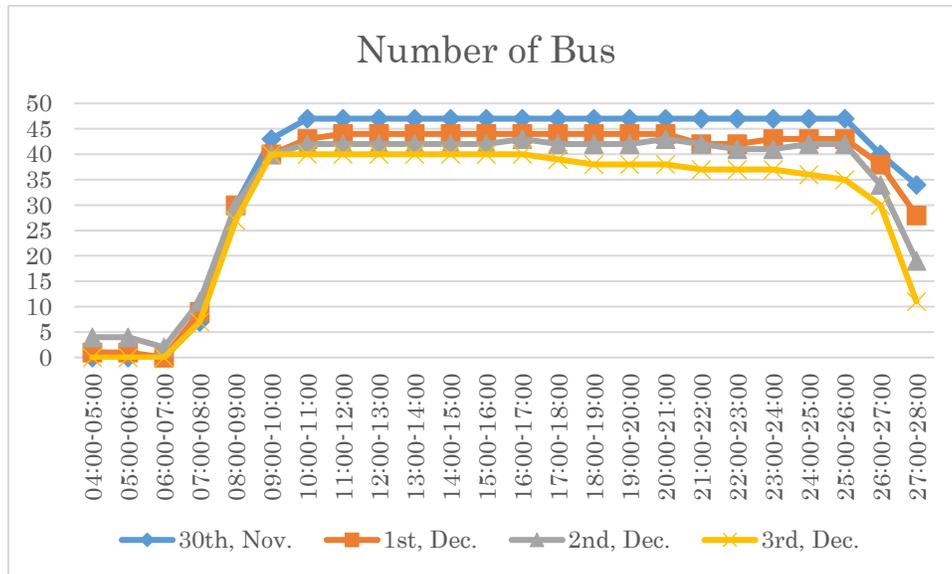


図 4.3-7 時刻別データ収集バス車両数

●収集したタクシープローブデータの分析

タクシープローブデータについても、約4秒おきにデータが収集されており、高頻度でデータを収集することに成功した。

●プローブ交通情報の評価

前項で示した観点に従って評価した結果を記載する。図4.3-8は、オフピーク時（5時から6時）の時間帯におけるバスのプローブ交通情報である。プローブデータを収集したバスの車両数が少ないために、データが生成されている道路は少ないが、平均旅行速度が25km/h以上の道路が多く、渋滞発生個所が少ないことがわかる。図4.3-9は、ピーク時（18時から19時）におけるバスのプローブ交通情報である。図4.3-8と比べてデータが生成されている道路が多く市内の主要道路を網羅していることと、市内中心部を中心に渋滞が発生している様子がわかる。また、タクシープローブから生成したプローブ交通情報との比較においても、同一の地点における平均旅行速度の誤差は許容範囲内であり、バスプローブデータから交通状況を把握することは可能だと考えられる。また、各路線からは2台のみバスを選定しているが、実際には同時に20台前後のバスが同一路線を走行していることから、バス路線上のプローブ交通情報は網羅的に生成できると考えられる。

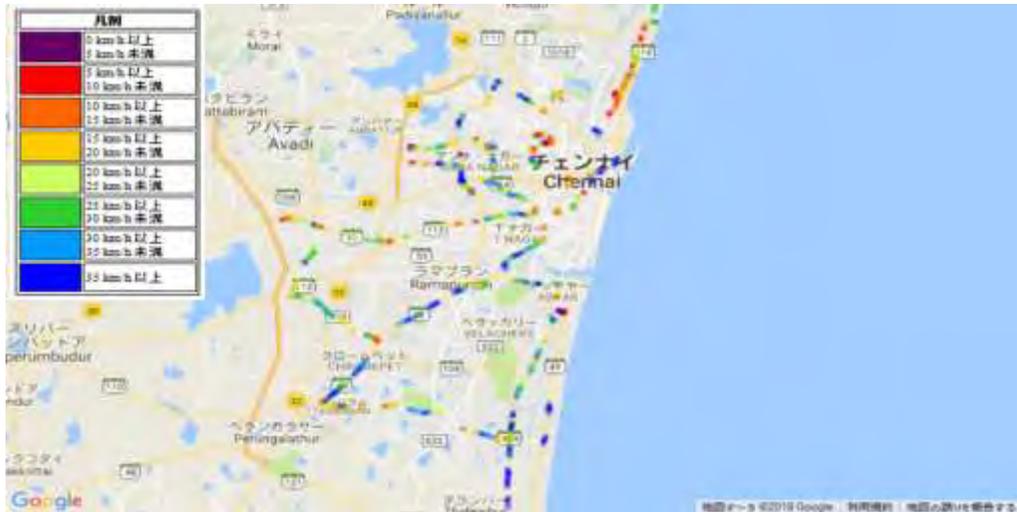


図 4.3-8 プローブ交通情報の可視化画面(オフピーク時)

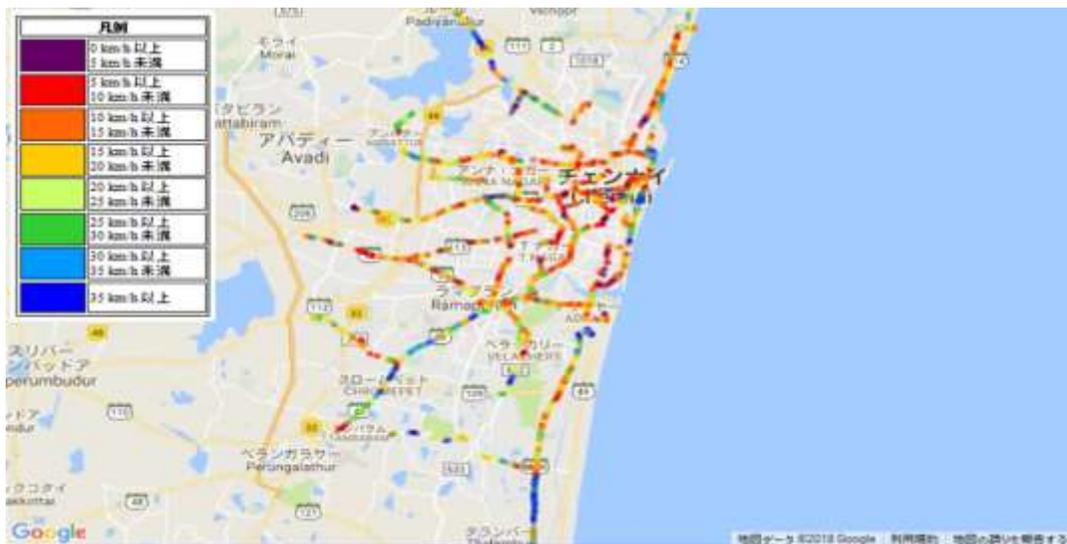


図 4.3-9 プローブ交通情報の可視化画面(ピーク時)

4.3.2. バス到達時刻の精度評価

本事業では、バス利用者および事業者向け情報提供システムにおいて、バスに乗車する時刻や乗り換え時刻、目的地への到着時刻を提供することを想定している。そのため、バスがバス停に到着する時刻を精度よく推定することが必要である。そのため、本検証では、プローブ交通情報から推定したバス到着時刻の精度を評価した。

(a) 検証の目的

本検証では、弊社デモシステムがプローブ交通情報から推定したバス到着時刻が、実際のバス到着時刻と比べてどの程度差異があるかを分析することで、実用に耐えうる精度を持つか評価することを目的とした。

(b) 検証の内容

MTC との協議にて決定したルートにおいて、バス乗換時刻、目的地到着時刻をどの程度の精度で推定できるか検証した。具体的なルートを図 4.3-10 に示す。実際の市民の移動を想定し、バスの乗り換えを含むルートを選定した。102 路線と 95 路線を検証対象とし、102 路線の出発地点である Broadway から 102 路線でスタートし、102 路線と 95 路線が共有するバス停である SRP tools、または Sholinganallur で 102 路線から 95 路線に乗り換え、95 路線の Junction of Perumbakkam まで行くルートである。

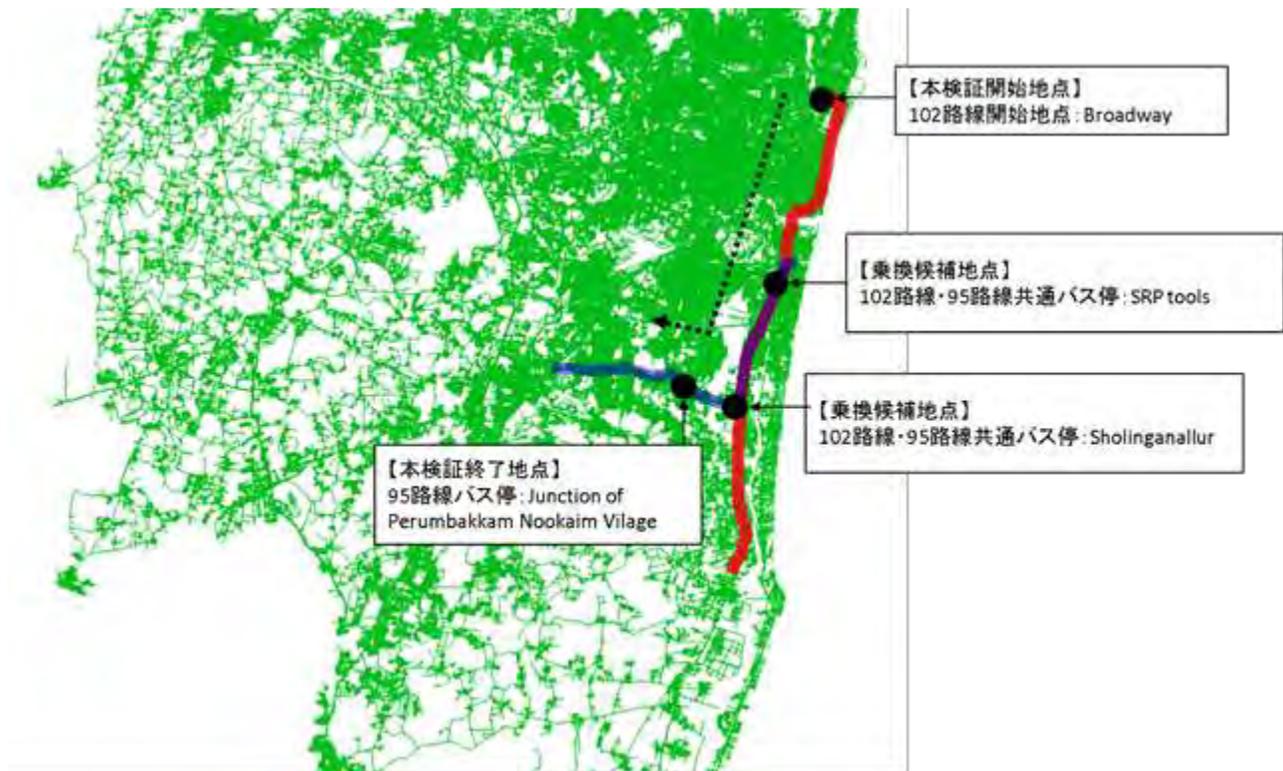


図 4.3-10 検証対象のルート

バス乗換時刻、目的地到着時刻の推定方法を図 4.3-11 に示す。102 路線、95 路線共に連続する 3 台のバスを選定し、各バスからプローブデータを収集してプローブ交通情報を生成する。各バスは前方のバスのプローブ交通情報から、前方の旅行速度を推定し、現在地以降の所要時間を推定する。

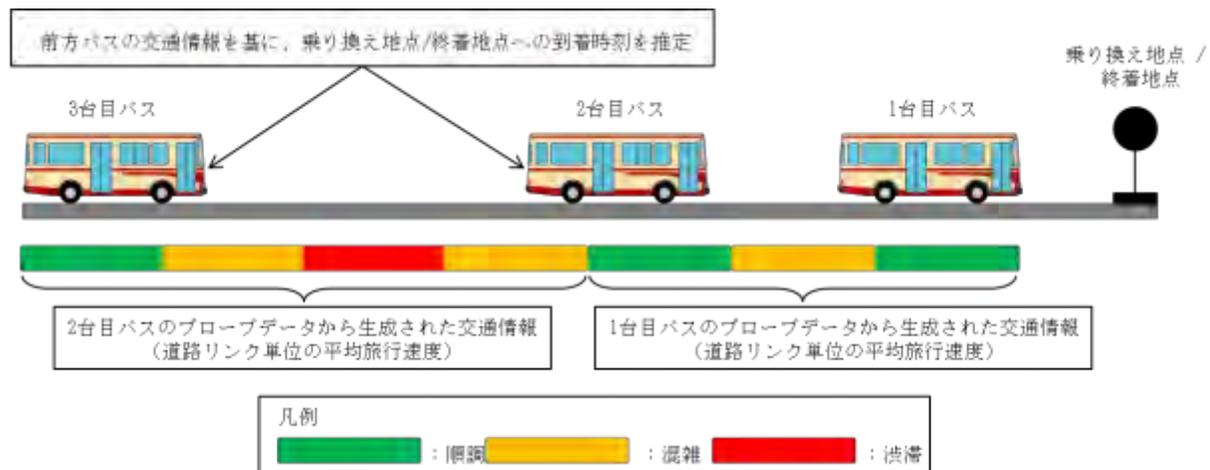


図 4.3-11 バス乗換時刻、目的地到着時刻の推定方法

(c) プローブデータの収集

プローブデータの収集期間は12月7日から10日の4日間とし、交通需要のピーク、オフピーク時間帯双方のプローブデータを収集するために、一日に3回プローブデータを収集した。なお、本検証では102路線と95路線上のプローブデータのみ収集すればよいため、スマートフォンを持った被験者が実際にバスに乗車して、プローブデータを収集した。

(d) 分析・評価

ルートの各地点における、実際の時刻とデモシステムが推定した時刻を確認したところ、誤差の大きさは、ほぼ10分以内に収まった。現状の何分後に次のバスが来るかわからない、何分後に目的地に着くかわからない状況と比べると、本デモシステムが提供する時刻は十分に有用であると考えられる。

また、誤差が最大となった区間における精度は目標値とした70%を超える結果となった。

以上より、弊社技術はバス到達時刻の推定に有効だと評価する。ただし、本方式は、図4.3-11に示した通り、前方バスの旅行速度を、後続バスが前方道路を通過する際の旅行速度の推定値として採用しているため、後続バスが前方バスと類似した動きをするという条件下でのみ成り立つ。従って、事故等によりバスが停止してしまった際には、本方式では正確な到着時刻を推定できない。今後は、そのような、前方バスと後方バスが異なる動きをする場合における対処方式の検討も必要となる。

なお、これら以外のバスについては、プローブデータが一部区間で収集されておらず、デモシステムによる時刻推定を行うことができなかった。

4.3.3. モダリティ識別技術の評価

チェンナイ市においては、メトロの新設や人口増加に伴い、今後も継続的にMTCバス路線の見直しが必要となる。本実証では、将来的にMTCのバス路線計画を支援することも視野に入れ、関連する技術であるモダリティ識別技術の評価を行った。

(a) モダリティ識別技術とは

モダリティ識別技術とは、プローブデータに記録されている加速度センサのデータ時系列の特徴と、弊社が保有する各交通手段の加速度センサの統計データを比較することで、自動で利用している交通手段を識別する技術である。使用している機器のIDとGPSデータとも組み合わせることで、誰がいつどこでどの交通手段を利用したかを識別できる。これを図示したものを図4.3-12に示す。

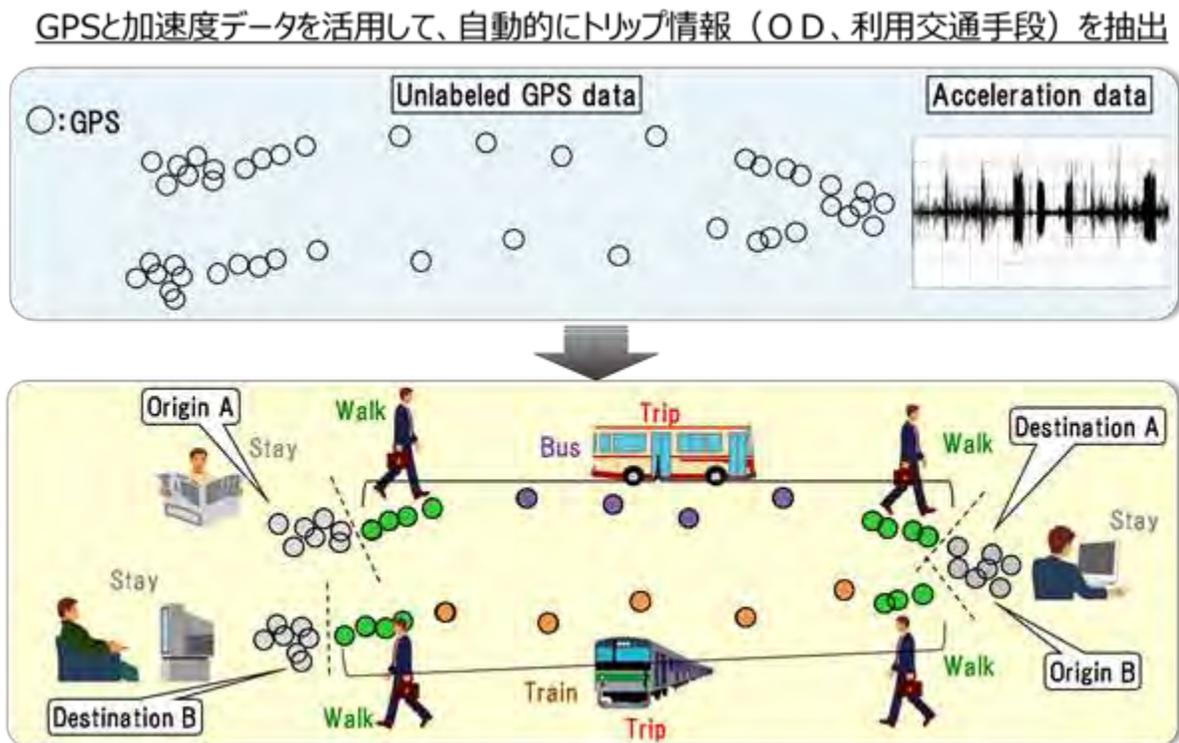


図 4.3-12 モダリティ識別技術の概要

(b) 検証の目的

本検証では、モダリティ識別技術がインド国においても精度よく交通手段を識別できることを検証することを目的とする。なお、識別する交通手段は、インド国で主要な移動手段となっている、バス、自動車、バイク、オートリキシャ、徒歩とした。

(c) 検証の内容

プローブデータの収集には、弊社が開発したスマートフォン向けアプリケーションを使用した。本アプリケーションは、モダリティ識別技術の入力情報となる GPS データと加速度センサを自動で記録する。また、ユーザが利用している交通手段を記録する機能も備えている。本検証に参加した被験者は、この機能を使い、交通手段を変えるたびにその交通手段を記録することとした。モダリティ識別機能が自動識別した交通手段と、ユーザが記録した交通手段を比較することで、その正解率を評価した。

(d) プローブデータの収集

本検証用データは、4.3.2の精度評価に参加した被験者から収集した。具体的には、バス降車後にスタート地点に戻る際と自宅とスタート地点との往復する際に、識別対象とする交通手段(バス、自動車、バイク、オートリキシャ、徒歩)を利用してもらい、モダリティ識別用のプローブデータを収集した。

(e) 分析・評価

弊社が開発したスマートフォン向けアプリケーションが自動識別した結果と、被験者が申告した内容を照らし合わせて精度を評価した。その結果、目標値をわずかに超え、インド国においてもモダリティ識別技術が適用できると考えられる。今後、より多くのサンプルデータを収集することで増やすことで精度の向上は十分に可能と考える。

4.4. ワークショップ

4.4.1. 実施目的

現地企業向けに、座学と実践を通じて、本普及対象技術の優位性、有用性、発展性に関して理解を促し、技術力の向上、組織的能力の向上を目的として実施した。

4.4.2. 実施概要

(a) ワークショップの実施内容

●機材

ワークショップにおいて使用した機材は図 4.4-1 の通りである。

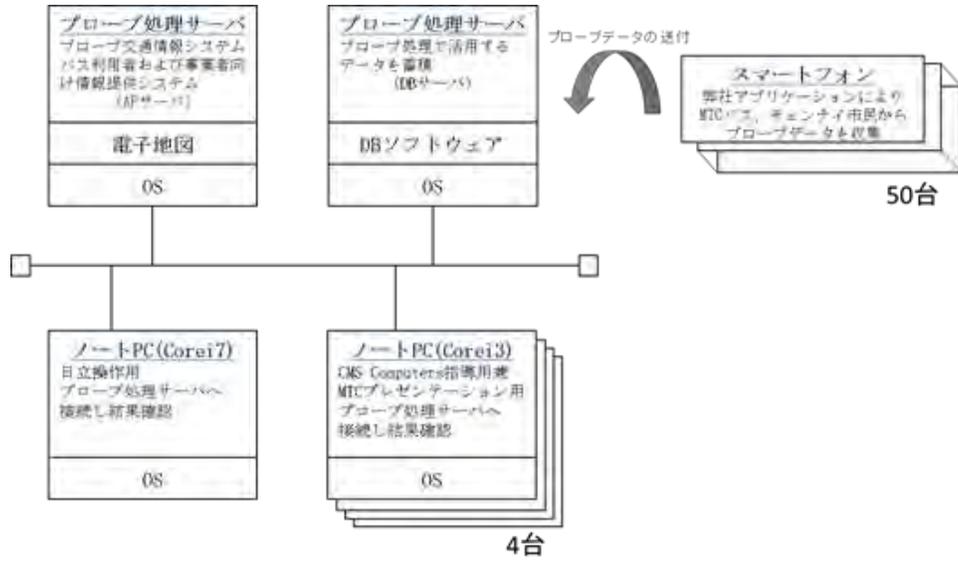


図 4.4-1 ワークショップで使用した機材の構成

表 4.4-1 機材一式

#	名称		型名	員数	内容
1	ハードウェア	サーバ	Lenovo TS150-70UAA007IH One Socket Tower Think Server	2	アプリケーションサーバ、データベースサーバ
2		端末 1	Laptop Asus i7 R558UQ-DM701T	1	弊社監督者用の操作端末
3		端末 2	Laptop Asus i3 X541UA-G01345D	4	現地企業用の操作端末
4		LAN スイッチ	-	1	ネットワーク機器
5		LAN ケーブル	-	1	ネットワーク機器
6	ソフトウェア	サーバ OS	Cent OS 7	1	アプリケーション OS
7		Database	Oracle Database 12C standard edition L103399	1	データベース管理ソフトウェア
8		交通情報生成アプリケーション	-	1	交通情報を生成するための弊社アプリケーション
9		Java Runtime	6.0	1	前提ソフトウェア
10		Tomcat	7.0	1	前提ソフトウェア
11		交通情報生成クライアント	-	1	交通情報を生成するための弊社アプリケーション
12		デモ用アプリケーション	-	1	交通情報を可視化して表示する機能をもつ簡易アプリケーション
13	端末 OS	Microsoft Windows Professional 10 SNGLOLP Licence	5	端末用の OS	

●ドキュメント

ワークショップにおいて以下のドキュメント一式を事前に作成した。

表 4.4-2 ドキュメント一式

#	対象機器	名称	内容
1	サーバ	CentOS_7_詳細設計書（日／英）	OS の設計書
2		CentOS_7_インストール手順書（日／英）	OS のインストール手順書
3		インストールチェックリスト（日／英）	サーバが正しく構築されている確認するためのチェックリスト
4		Oracle Database 11G R2 詳細設計書（日／英）	データベースの設計書
5		Oracle Database 11G R2 インストール書（日／英）	データベースのインストール手順書
6		パスワード一覧表	サーバの各種パスワード一覧表
7	端末	交通情報生成アプリケーション端末インストール手順書（日／英）	端末に対して交通情報生成アプリケーションとデモ用アプリケーションを構築する手順書

●参加者の理解度

参加者の理解度調査は表 4.4-3 の観点に基づいて実施した。

表 4.4-3 理解度調査項目

#	観点		確認内容
1	資材		構築にあたっての必要な資材は理解したか。
2	構成		システム構成は理解したか。
3	構築手順	サーバ	OS の構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。
4			データベースの構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。
5		端末	端末の構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。
6			端末の前提アプリケーション（Java, Tomcat）の機能や必要性は理解したか。
7	機能・技術		交通情報生成技術については理解したか。
8			交通情報生成技術の便益について理解したか。
9			アプリケーションのインターフェースを理解したか。
10			アプリケーションを操作することができるか。

参加者に、上記確認表に基づき、各々の項目について、「完全に理解した(5点)」、「よく理解した(4点)」、「大体理解した(3点)」、「不明な点もある(2点)」、「不明な点が多い(1点)」「全くわからない(0点)」の6段階で回答頂いた。集計結果は表 4.4-4 の通りである。なお、回答結果には、参加者五名の回答の平均点を記載している。合計平均は、項番 1～10 までの平均点の総平均を算出している。

表 4.4-4 理解度調査回答結果

項番	観点	確認内容	回答結果 (全5人)
1	資材	構築にあたっての必要な資材は理解したか。	4.8点
2	構成	システム構成は理解したか。	4.8点
3	構築手順	サーバ OSの構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。	4.4点
4		データベースの構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。	4.0点
5	端末	端末の構築手順は理解したか。手順書で不明なところはないか。	4.8点
6		端末の前提アプリケーション (Java, Tomcat) の機能や必要性は理解したか。	5.0点
7	機能・技術	交通情報生成技術については理解したか。	5.0点
8		交通情報生成技術の便益について理解したか。	5.0点
9		アプリケーションのインターフェースを理解したか。	4.4点
10		アプリケーションを操作することができるか。	4.4点
		合計平均	4.66点

各項目について、特に項番7、8に係る交通情報生成技術の技術内容および便益については理解度が100%となっており、満足のいく結果となった。一方で、サーバのOSやデータベースの構築については若干低い値となっているものの、概ね良好な理解度を示していると評価できる。

4.5. 技術セミナー

4.5.1. 実施目的

MTCを招集し、提案技術に対する理解促進を図るとともに、導入意欲の向上効果を目的として2回に分けて実施した。

4.5.2. 技術セミナーの内容

(a) 概要

技術セミナーは2017年12月11日と2018年1月18日にMTCの本社(住所: No 2 Pallavan House Ground Floor, Pallavan Salai, Mount Road, Chennai - 600002, Opposite Gymkhana Club)で実施した。弊社が構築したデモシステムのデモンストレーションを実施し、技術検証にて取得したプローブ情報およびプローブ情報から分析したバスの走行速度を地図上に可視化した結果を発表すると共に、本番システムに対する要求事項を議論した。このように本セミナーを通じて本事業で提案するプローブ情報処理システムとバス利用者および事業者向け情報提供システムが、インド国においても適用可能であることをPRし、導入への意欲を向上させた。

(b) デモンストレーションの実施

デモンストレーションでは、Broadwayを出発し、Tambaram Eastまでのルートを検索するという想定で行った。

(c) 技術検証の結果発表

技術検証の結果に関しては本報告書の4.3の内容に関して発表を行った。

(d) システムに対する導入意欲に関するディスカッション

ディスカッション形式で、本セミナー参加者のシステムに対する導入意欲を確認した。

バス事業者にとっても利用者にとっても、バスが時刻通りに発着せず、バスの到着時刻が不明という問題が一番の課題であるが、本デモシステムではリアルタイムに道路交通状況を反映してバスの到着時刻が推測でき、運行スケジュールと実際の発着時刻の差異は運航計画の改善にも活用できるため、早期にシステムを導入したいという意見が最も多かった。ただし、今回の技術検証では実測のバス到着時刻とシステムが推測したバス到着時刻が10分前後であったため、精度を上げるべきという意見もあった。こちらについては、プローブデータを収集するバス車両数を本番システム導入時には拡大し、同一道路区間から収集するプローブデータ件数を増やすことで改善が期待できる。

また、規定経路を外れて走行するバスをバス事業者が検知するため、バスの現在位置を地図画面上にリアルタイムに表示する機能があると良いとの意見も挙げられた。

第5章本事業の総括（実施結果に対する評価）

5.1. 本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）

本事業では社会インフラ（交通管制システム）により蓄積されたデータを活用することで、適切なバス運行計画の策定、バスサービスの持続的な品質の向上および都市交通全体における市民の利便性の向上を目的とし、インド国チェンナイ市において、弊社が製作したデモシステムが技術的に適用可能かどうか技術検証を実施した。検証の結果、デモシステムは渋滞状況やバス到着時刻を正しくバス利用者や事業者へ提供でき、また、モダリティの識別も正しく行われていたことがわかった。そのため、インド国チェンナイ市において、本事業で提供した技術の実用性を立証することができた。また、その結果を技術セミナーにてMTCへ提示し、それをもとにしたディスカッションにて、本番システム導入に向けた機能の抽出を行うことができた。

表 5.1-1 に本事業の成果を示す。

表 5.1-1 本事業の成果

#	タスク	活動計画と実績				達成状況と評価
		2017/10 (現地)	2017/11 (本邦)	2017/12 (現地)	2018/1 (現地)	
1	現地調査	■■■■■ ■■■■■				・計画書に挙げた調査観点に対して全ての情報を収集・調査し、デモシステム制作に必要な情報が入手できた。
2	デモシステム製作	■■■■■ ■■■■■				・事前に調査した要求事項をもとに機能を検討し、デモシステムを製作した。また、対象都市の地図データなどの基本情報をデモシステムに反映した。
3	技術検証		■■■■■ ■■■■■			・交通情報については、タクシープローブから生成したプローブ交通情報とバスプローブから生成したプローブ交通情報を用いた平均旅行速度を比較すると、誤差は許容範囲内であった。 到着時刻予測の精度については目標値の70%を上回った。 モダリティ識別の精度については、プローブデータから交通手段を識別した結果と被験者が申告した交通手段が、目標値を若干上回った。
4	ワークショップ		■■■■■ ■■■■■			・ワークショップでシステム構築、オペレーション等について、を行い、その理解度をアンケート形式で調査したところ、総合で93.2%の理解度であった。 ・現地企業との協業を開始するMoUを締結した。
5	技術セミナー		■■■■■ ■■■■■	■■■■■ ■■■■■		・技術セミナーで行う要素技術と今後のビジネス展開について、出席者と議論し、理解を得た。

5.1.1. 本事業の成果（ビジネス面）

(a) 現地調査

チェンナイ市における交通状況を文献から調査した。また、デモシステム製作に必要なデータについて、MTCからはドライバーとバスコンダクタの出退勤管理と運賃収集管理に必要なデータを、インド国の大手電子地図ベンダより公共交通機関の路線一覧、駅・停留所一覧、路線形状、時刻表を入手した。

また、MTCに対してヒアリングを実施し、現地での技術検証範囲に対する要望を抽出したところ、バス運行の正確な把握による市民への運行案内の実現およびバス運行の正確な把握による運行計画の見直しが必要項目であることが判明した。

(b) デモシステム製作

上記で記載した要求事項を実現するため、プローブ情報処理システムおよびバス利用者および事業者向け情報提供システムから構成されるデモシステムを製作した。デモシステムには現地調査で入手したデータや地図データを反映した。

(c) 技術検証

●交通情報

プローブ情報処理システムを利用してプローブ交通情報を生成した。各バスから収集したプローブデータは約3秒周期で収集でき、高精度で収集することに成功した。バスプローブを活用して交通情報が正しく作成できているかを評価するため、タクシープローブを約4秒周期で収集し、これを実際の交通情報として、バスプローブから算出した平均旅行速度とタクシープローブから算出した平均旅行速度を比較した。その結果、誤差は許容範囲内であった。

●到着時刻予測

誤差が最大となった区間における精度は目標値とした70%を超える結果となった。何分後に次のバスが来るかわからない、何分後に目的地に着くかわからない状況と比べると、本デモシステムが提供する時刻は十分に有用であると考えられる。

●モダリティ識別

プローブ情報処理システムを利用して、モダリティ識別を実施した。この識別結果が正しいかどうか評価するため、被験者に利用した交通手段を記録、申告してもらい、その結果とシステムが利用したモダリティ識別結果を比較したところ、目標値をわずかに超え、インド国においてもモダリティ識別技術が適用できることを確認できた。

(d) ワークショップ

ワークショップでシステム構築、オペレーション等についてレクチャーを行い、参加メンバーが実際にレクチャーした内容を実施した。実施内容を10項目にわけ、5点満点のアンケート形式で理解度を調査したところ、総合で5点満点中4.66点となり、93.2%の理解度であった。特に交通情報生成技術に関する理解度が高く、一方で、サーバのOSやデータベースの構築については若干低い値となっているものの、概ね良好な理解度を示していると評価できる。

また、現地企業との協業を開始するMoUを締結することができ、今後MTCに対して本番システムを導入する際や、他バス事業者へシステム導入する際にも良好なパートナーとして協業していくことが可能になった。

(e) 技術セミナー

弊社が構築したデモシステムのデモンストレーションを実施し、技術検証にて取得したプローブ情報およびプローブ情報から分析したバスの走行速度を地図上に可視化した結果を発表すると共に、本番システムに対する要求事項を議論した。このように技術セミナーを通じて本事業で提案するプローブ技術とバス利用者および事業者向け情報提供システムが、インド国においても適用可能であることへの理解を得ることができ、導入への意欲を向上させた。

参考文献

¹国際連合「2012年版 世界人口展望 (World Population Prospects, the 2012 Revision)」(2013)

²経済産業省「第II部 各国の経済ファンダメンタルズの変化と成長戦略・構造改革の取組」 「第2章 新興国等の経済ファンダメンタルズの変化と成長戦略」(2014)

³Chennai Metropolitan Development Authority 「Chennai Comprehensive Transportation Study」(2010)

⁴India - total number of vehicles in Chennai 2015 | Statista
「<https://www.statista.com/statistics/665769/total-number-of-vehicles-in-chennai-india/>」

⁵Population of Chennai 2017 「<http://indiapopulation2017.in/population-of-chennai-2017.html>」
(2017)

⁶Road accidents killed 17 people every hour in India in 2016, Delhi most unsafe | Hindustan Times
「<https://www.hindustantimes.com/india-news/road-accidents-claimed-nearly-400-lives-every-day-in-india-in-2016/story-7DlmtdnvMYLLZVGxXK0aJN.html>」 (2017)

⁷CPEB ENVIS | Control of Pollution 「http://cpcbenviis.nic.in/air_pollution_main.html#」 (2017)

⁸Metropolitan Transport Corporation [Chennai] Limited - MTC 「<http://mtcbus.org/>」