

国際科学技術共同研究推進事業

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「マルチモーダル地域交通状況のセンシング、ネットワーキングと

ビッグデータ解析に基づくエネルギー低炭素社会実現を目指した新興国にお

けるスマートシティの構築」

採択年度：平成28年度（2016年）/研究期間：5年/

相手国名：インド共和国

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2017年6月26日から2022年9月30日まで

JST側研究期間^{*2}

2016年6月1日から2022年9月30日まで

（正式契約移行日2017年4月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：坪井 務

名古屋電機工業株式会社・プロジェクトリーダー

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

表1に研究内容全体計画を示す。交通データ収集がインターネットで実施できる環境を準備したことにより、解析は順調に進めることができた。他方2020年3月以降発生したコロナ禍により、アーメダバード市大規模実証試験(研究テーマ3)が実施困難となった(*)。

研究題目・活動	参考	2016年度 (6ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度/2022年度 (6ヶ月)
研究題目1: マルチモーダル交通センシングとモニタリング開発	名	現状把握	車両センシング技術の選定	既存データ、既存システム活用	■(学会発表)		2022/3 2022/9
研究活動1-1: 対象都市におけるマルチモーダル交通センシングに関する研究	日		車両センシング方法のインド工科大学ハイデラバード校キャンパスと日大構内で画像センシング基礎的実験および環境モニタリングセンシングデータ収集(認識率向上)				車両センシングの標準化案
研究活動1-2: IITHキャンパス内の基本的な車両センシングの実証実験	日		アーメダバード市で既設画像装置+プローブ、Bluetoothなどを活用した車両+人の移動情報の収集(データ収集)				他都市への拡張
研究活動1-3: 実フィールドへのマルチモーダルトラフィックセンシングの実装	日						
研究活動1-4: マルチモーダルに対応した高度な交通センシング技術の標準化に向けたハンドブック作成(他都市への展開と応用の検討)	名						
研究題目2: マルチモーダル交通流のビッグデータ解析	日	現状把握	情報収集・分析	ビッグデータ解析環境の確立	■(学会発表)		
研究活動2-1: ビッグデータ解析の全体およびダイナミック交通解析の研究	日			交通ビッグデータ解析のインド工科大学ハイデラバード校キャンパス内での基礎的実験(NH-65、WiFi/BLEプローブ、環境ガスセンシングCO2、NOx、PM2.5データ収集)			ビッグデータ処理の提案書
研究活動2-2: 基礎フィールドテスト(IITH/日大)におけるビッグデータによる交通解析と評価	日			アーメダバード市での交通情報収集・ビッグデータ解析(交通流解析)			
研究活動2-3: マルチモーダル交通に利用可能な交通情報収集及び解析技術の検証	日						実運用・改良
研究活動2-4: マルチモーダルシフトの推進とマルチモーダルアプリケーションの開発	名						
研究題目3: マルチモーダル交通管理と情報提供	名	現状把握	シミュレーションモデルの開発			(シミュレーションモデル)	信号制御・情報提供アプリ実運用のための提案書
研究活動3-1: マルチモーダル交通管理に関する評価手法の構築及びフィールド試験評価	日					(データ解析)	
研究活動3-2: 可変情報板(VMS)での交通情報提供に基づく交通制御に関する評価	名		可変情報板(VMS)での交通情報提供に基づく交通制御に関する評価*				
研究活動3-3: マルチモーダルアプリケーションによる交通行動変容の評価	名		マルチモーダルアプリケーションによる交通行動変容の評価*		(手法確認)		
研究活動3-4: 収集交通データとシミュレーションにおける信号制御に関する評価	名				(アプリリリース手法)	実運用・改良の検討	
研究題目4: 交通インフラ整備との連携を軸としたスマートシティ構築の提案(ハンドブック)作成と実施	日	現状把握	取り組み方策のレビューと交通施設整備の方向性の把握(テストベッド テープカット)				スマートシティ構築の提案ハンドブック
研究活動4-1: 取り組み方策のレビューと交通施設整備の方向性の把握	名		現地調査 現地調査(2)				※改善量25%
研究活動4-2: 収集した交通データによる交通制御とVMSでの交通情報提供に基づく自動車交通適正化によるエネルギー消費削減と低炭素化の推計	日		交通制御に基づく低炭素化改善量の推計(ミクロシミュレーション)		(シミュレーション評価)		
研究活動4-3: マルチモーダルアプリケーションによる低炭素化の推計	日		交通制御・交通情報提供連携に基づく低炭素化改善量のモデルによる推計		(モデル検証)		他都市への拡張
研究活動4-4: スマートシティに向けたマルチモーダルのためのハンドブック・センシング・ネットワーク・ビッグデータ解析の応用	名						
関係者参加によるワークショップの実施	名		国際学会(11月) ワークショップ(1月)	国際学会(5月) ワークショップ(1回目)	実施 2回目	フィードバック	実施
プログラム成果報告	全				中間報告(7/22)		最終報告

名: 名古屋電機、日: 日本大学、全: 全体、※改善量は2030年目標に対するバックキャストを検討

—: 太線は実施済み —: 黒線はオリジナル - - - - -: 赤線は見直し

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

実施困難なアーメダバードフィールド大規模実証の対策として、現地行政への支援および現地研究機関への委託を検討した。また、研究期間についてはコロナ影響に鑑み、終了を当初の 2022 年 3 月から 2022 年 9 月とし、6 ヶ月間延長することとした。この延長については 2021 年 1 月の JCC でインド側とも合意した後、研究主幹の承認を得て決定した。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

コロナで始まり、コロナで終了した一年間であり、研究全体への影響は大きなものとなった。とりわけ、フィールドにおける実証試験が実施できない点が大きな要因となった。一方で、交通データ収集は、幸いにもオンラインによるモニターが継続することができたために、データ解析とその検証に関しては実施することができた。このため、本年度における論文および学会発表での成果報告はアメリカ合衆国に本部を置く電気・情報工学分野の学会 (IEEE) での共同研究報告がジャーナルに採択されたのをはじめ、34 件の交通、情報処理関連の国内外研究会での発表を達成することができた。

交通データ解析においては、アーメダバード市の 29 か所に設置された交通モニタカメラによるデータから、対象とするアーメダバード西側都市部全体の交通量および渋滞解析が 1 年以上にわたる大量データに基づき、市内交通の中心部における 24 時間の傾向把握を GIS 解析することで可視化することができ、プロジェクト計画にあった市内交通データ把握をする目的が達成できた。また、主要交差点 (Paladi 交差点) に設置した高精度監視カメラを活用した画像認識による交通把握も、当初の目的である 80% の認識率を上げる成果が得られた。アーメダバード市にて初めてのメトロが建設中であり、メトロ路線と並行する主要道路 (Ashram 道路) における交通シミュレーションモデルが完成し、今後の交通量の推計により、将来の CO2 の排気量削減に向けたシミュレーションを行える環境を構築した。インド工科大学ハイデラバード校 (IITH) に設置したテストベッドでは、交通センサ (赤外線、超音波) の確認や、正門正面のボンベイハイウェイ (NH-65) に設置したレーザセンサでの車両の正門前での交通事故等につながる危険走行の把握なども確認できるようになった。更には、ボンベイハイウェイの IITH から 20 km の範囲にわたる交通モニタカメラの運用が開始でき、構内のみならずハイデラバード市における交通の実態把握とその技術の習得に活動できた。

冒頭に示したコロナ禍によるアーメダバード市における実証試験の実施が困難になっているものの、このための対策を行うべく現地行政やインド大使館とのコミュニケーションを活発に行うことができた。特にアーメダバード市行政 (Ahmedabad Municipal Corporation: AMC) および AMC の副コミッショナーが CEO を務めるスマートシティ公社との会話は 20 回以上になり、東京にあるインド大使館の公使とは 3 回の訪問と SATREPS 活動の報告と、今後の実証試験再開時のサポートのお願いを行い、公使から AMC コミッショナーへのプロジェクト支援の要請通知を出していただけた。また、公使から共同研究機関の日本大学理工学部への訪問、施設見学と研究教授陣との意見交換を実施することができ、公使公邸への訪問にもつながっている。こうした地域行政との良好な関係構築により、コロナ後の実証試験では現地の協力研究機関である CEPT 大学教授との会話が可能となり、一部支援頂けることも、コロナ

禍の状況であることが、通常では難しかったであろうインドとの強固な関係づくりができた点は、研究そのものではないものの、プロジェクトの社会的意義を固める点で、達成できた成果の一部といえる。

(2) 研究題目 1 : 「マルチモーダル交通センシングとモニタリング技術の開発」

研究グループ 1 (リーダー : Prof. C. K Mohan IITH)

研究グループ 1 (Co-リーダー : 高橋聡 主事 名古屋)

①研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究題目 1 - 1 「対象都市におけるマルチモーダル交通センシングに関する研究」に対して、本研究課題特有の問題として 3 輪のオートリキシャや 2 輪車のセンシングを中心に日印双方にて車両・交通センシング技術の検討及び選定を実施してきた。交差点に設置する CCTV、交差点を上空から俯瞰できるドローンを利用した可視カメラのセンシングを基本とし、可視カメラではセンシング条件が限られる夜間等への対応として、ToF センサや LiDAR (Light Detection And Ranging) から得られる距離データを基にしたセンシングを行うという、それぞれのセンシングデバイスの位置づけについて検討を進めた。

研究題目 1 - 2 「IITH キャンパス内の基本的な車両センシングの実証実験」に対して、IITH テストベッドが 2019 年 5 月にテープカットを迎えており、画像認識のための CCTV に加え、超音波検知器やループコイルセンサなども設置することで、正確な交通流の把握に役立てられている。これらのセンシングにより速度抑制・注意喚起システム、交差点コンフリクト注意喚起システムなどを実装している (図 1)。低炭素社会に資する交通センシング技術の一応用例として、画像認識による IITH キャンパス内の駐車可能スペースの検出を行い、95.4%の検出精度を達成した。この成果を基にしたスマートパーキングシステムとして WEB アプリケーションを開発した。

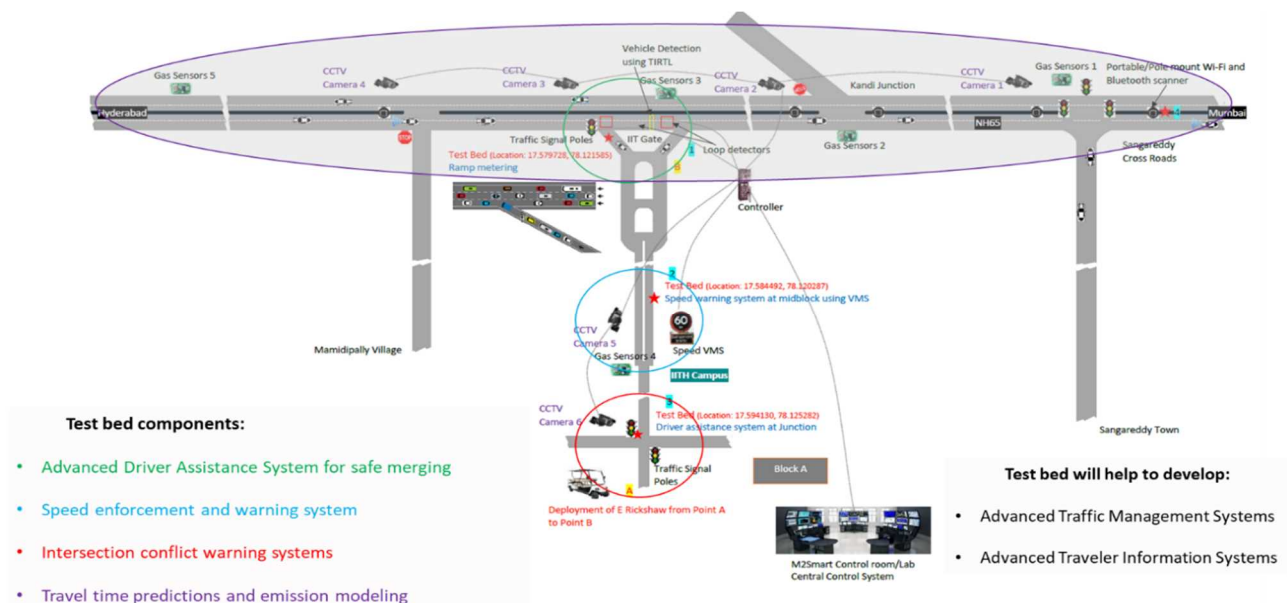


図 1 IITH テストベッド

研究題目 1-1 により交通センシング技術の位置づけを整理した結果、日本大学の ToF センサによる車両検出研究は主に夜間を対象として実施している。具体的には背景差分処理による移動体検出と距離に基づく路面接地判定を利用した車両検知を検討している。2019 年度までは日本国内における片側一車線の道路交通データから、手前側車線・奥側車線に対する車両検知に取り組んでおり、さらに夜間かつインドの実環境を踏まえた複数車線の車両検知を目的に日本国内の片側 3 車線の道路にて夜間のデータ取得を実施していた。片側一車線の車両検知においては手前側の検出率 86.7%、奥側の検出率 71.3%となっていた。2020 年度では、まず片側一車線の道路交通データに対する精度向上を目指して検討した結果、手前側の検出率が 90%以上に到達し、奥側も検出率 80%以上に改善した。また、夜間の片側複数車線の実験データに対する検証として、センサの有効検出範囲の 15m に合わせ、片側 3 車線までの車両検出を行った。結果として、手前側の 1 車線目は 100%検出でき、2、3 車線目も 80%以上検出できた。ただし、実験用データの車両台数が少ないため、今後はデータを増やして検証する予定である。特に、3 車線目は右折専用レーンであり、車両台数が 15 台しかないため、さらなる検証・確認が必要だと考えている。そして、インドの実フィールドデータの取得は 2020 年度中に実施する予定であったが、COVID-19 の影響で断念した。今後は、全体的に実験データを増やして、検出率の検証と向上を目指す。

研究題目 1-3「実フィールドへのマルチモーダル交通センシングの実装」に対して、インドのような複雑な環境における交通状況センシング技術の確立に向けて、日印共同でディープラーニングを用いた画像認識の研究を行っている。これまでに、アーメダバード市からレンタルする交差点等に既設の画像装置の動画像や、アーメダバード市の Paldi 交差点に新設した 360° 撮影可能な画像装置(CCTV)などにより、リアルなインドの交通状況・情報の取得を開始している。また、Paldi 交差点の CCTV から二輪車やオートリキシャを重点とする注釈付きデータを作成し、これらのデータをセキュアかつ迅速に日印合同の研究グループ内で共有する枠組みとして日本大学キャンパス内でのネットワークストレージ(NAS)の運用や、日本大学が契約する Google の G Suite サービスの一環である共有ドライブの運用を行っている。

2020 年度、Paldi 交差点の CCTV から得られた実データに対して、IITH においてはリアルタイム性を重視して取り組み「You Only Look Once(YOLO) v5」を利用して現地データを学習することで 83%の検出精度を達成した。また車両検出の延長として、より詳細な画素単位の車両領域推定するインスタンスセグメンテーションと呼ばれる技術についても IITH において検討し、検出性能評価で 80%を達成した。車両検出結果を基に車種ごとの通過台数を計測する枠組みを日印において構築・検討しており、IITH においては YOLOv5 を使い、15 シーンの動画を目視確認して精度検証したところ 80%の計測精度であることを確認した。この成果を基に研究題目 2 で利用するデータの生成を検討した。日本大学においては 2020 年度に再現率（計測すべき対象の内、正しく計測できたものの割合）が 89.2%、適合率（計測結果の内、正しく計測できていたものの割合）が 79.5%を達成した M2Det による車両検出で誤検出や未検出となるケースについて、その原因の解明に努めた。モデルが画像内のどこを見て予測したかを説明する eXplanable AI (XAI)の一つ Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME)を適用し、歩行者が二輪車の予測に影響する状況や、密な交通環境による周囲の車両の特徴が予測結果に与える影響を確認することができた。

2019 年度までに確認してきた実フィールド実装における課題の一つに、インドのように二輪車等の小型車両で混雑する環境を可視カメラで撮影する際に生じる隠れ問題があり、この解決が研究の独創性・新規性に繋がると考えてきた。本年度は、これに関して日本大学で新しい方法を提案し、その有効性についてアーメダバード Paldi 交差点に設置したカメラから遠隔取得したデータによって確認した。図 2 のように、カメラに映った検出対象に対して、その前景に車両等が映り込むことは頻繁に発生し、検出精度を劣化させている。これをオクルージョンと呼ぶ。これに対して、この部分を図 3 のように矩形の‘0’で埋めるマスキング処理を施し、その上で認識エンジンに学習させた。マスキング処理を施したデータとオリジナルデータを同時に学習させることで、マスキングデータを学習させない場合に比べて検出性能の向上を確認した。



図 2 検出対象（オートリキシャ）に対して隠れ（オクルージョン）が生じる例



図 3 検出対象（オートリキシャ）に対する隠れ（オクルージョン）部分をマスキングした例

画像中からの物体検出と検出した物体の分類が可能な深層ニューラルネットワークである YOLO におけるネットワーク後段の識別部への適用を考慮し、それと等価なクラス分類型の深層ネットワークのひとつである Convolutional Neural Network（以下 CNN）を用いた識別実験を行った。オート

リキシャに対する対抗クラスとしてバイク画像を用いて、対判定実験を行った。オートキクシャ、バイクとも 100 枚ずつ、計 200 個の画像を CNN で学習した。識別実験には、学習に使用していない 121 個データを用いた。表 1 に検出結果を示す。

表 1 オートリキシャを対象とした識別結果

学習に使ったデータ	適合率	再現率	F 値平均 (適合率, 再現率の調和平均)
① マスク無し	97. 8%	96. 8%	0. 973
② マスクあり	49. 0%	27. 6%	0. 353
③ マスク無し + マスクあり	97. 9%	97. 9%	0. 979
④Random Erasing	97. 9%	97. 9%	0. 979

「①マスクなし」は、マスキングをしないオリジナルデータのみで学習させたもので、適合率、再現率、F 値はそれぞれ、97. 8%、96. 8%、0. 973 であった。これに対して、マスキングしたデータをそれに追加して学習させた場合には、それらの値が 97. 9%、97. 9%、0. 979 と検出性能が向上することを確認した。図 4 に新たに検出が可能になったオートリキシャの例を示す。かなり周囲にオクルージョンが発生していてもオートリキシャが検出できている。ただし、本実験はまだ小規模であるため、より多くのオクルージョンに対応するためには、学習量を増加させる必要がある。「④Random Erasing」は、前景を' 0' で埋めるのではなく、画像中の任意の位置、大きさの矩形を設定してその中をランダムな数値で埋める、データ生成 (Data Augmentation) 法のひとつである。この方法においても、提案手法と同様の性能向上を確認することができた。最後に、「③ マスク無し + マスクあり」、ならびに、「④Random Erasing」は、深層学習における辞書作成方法であり、様々な深層ニューラルネットの学習に適用が可能である。



図 4 オクルージョンのある検出対象（オートリキシャ）に対して正しく検出できるようになった例

また、IITH においては二輪車検出の延長としてのノーヘルメットの検出を 91.7%の精度で達成したほか、車速の推定、道路を占有する車両の割合に基づく渋滞の検出・予測、交通事故の検出についても検討を重ねた。

研究題目 1 - 4「マルチモーダルに対応した高度な交通センシング技術の標準化に向けたハンドブック作成（他都市への展開と応用の検討）」に対して、研究課題 1 の成果である交通センシング結果を基に、研究題目 2、3 で必要な交通データ生成に関する検討を進めた。今後はマルチモーダルに対応した高度な交通センシングの標準化に向けて、研究課題 1-1 から研究課題 1-3 で開発された技術を整理し、技術要件等を明確にしていく必要がある。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

お互いに研究中の画像認識技術に関する技術的な要素を IITH 研究メンバーらとの zoom ミーティングを通して、お互いに確認し、情報を共有した。また、日本側が主導して行っているデータ共有に関する体制の構築及び、NAS を用いたデータ共有環境実装において、セキュアアクセスに関する共通認識を得ている。さらに、ディープラーニングを効率的に行う上で不可欠な計算資源である GPU をハイエンドなレベルで 2 基搭載したワークステーションを日本大学内に配置し、アクセスするための環境を整備している。この環境をさらに安定に運用するために、今年度、無停電電源を導入し、データの保全性、ならびにシステムの不慮の停電に対する安全性を高めた。

また、画像認識技術の成果は、インターネットのウェブサイトに掲載し、整理したデータや開発した手法を共有することで技術移転を進めている。

URL:<https://github.com/debadityaroy/SkyEye/>

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

- ・交通センシングとして交通量計測に関連する項目を主目的に据えながらも、混雑度の可視化手法、車両の軌跡を逐次追跡する手法、駐車可能領域の検出手法、交通事故の検出手法など、多角的に交通状況を把握するための研究が開始されている。これは把握した多角的な交通状況を、交通の円滑化に活かすことで、車両の移動時間の短縮と渋滞軽減による CO2 排出削減を目指すものである。駐車可能領域の検出が形になってきたため、成果を基にしたスマートパーキングシステムとして WEB アプリケーションを開発した。
- ・車両検出精度、計測精度向上のために、XAI 技術を利用して誤検出となる要因を可視化する検討を行った。

④研究題目 1 の研究のねらい（参考）

本研究では、一般的な交通流把握のための測定カメラと CCTV により、研究題目 2 における交通解析や、研究題目 3 における交通シミュレーションにおいて利用可能な精度として、対象交差点での進行方向などを含めた交通流の 80%以上の認識を目指す。また、一般的に使用される交通トラフィックカメラによる対象である 4 輪車両のセンシングに加え、インド特有の環境としてオートリキシャや

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

2 輪車も含めた、車線や検出ゾーンに依存しない、交通センシング技術の確立を図り、時間帯や天候による日照や交通量の変化等、複数の条件を網羅するような実環境データを取得し、本研究で確立した交通センシング技術の実環境における実用性の検証を行う。

⑤研究題目1の研究実施方法（参考）

IITH キャンパス内の IITH テストベッドに設置した画像センサや超音波センサなどの各種センサ、アーメダバード市でレンタルする交差点等に既設の画像装置や、Paladi 交差点に新設する 360° 撮影可能な画像装置(CCTV)などにより、リアルなインドの交通状況・情報を取得し、それらのデータを日印で共有のうえ、各々が持つ技術を利用、融合してセンサ情報の解析を通じた交通状況の解析を行う。センサ情報の解析から得られたデータを再度日印で共有し、それぞれの解析手法の課題を洗い、共同で課題の解決を図りながら、それぞれのセンサの最終的な利活用方針の策定に向けて継続的に検討を行う。また、センシングデータを研究題目2などへ提供するため、要求されるセンシング情報や、新たに必要となるセンシング情報を適宜確認しながら、研究題目を超えた日印研究メンバー合意の基、課題達成に必要な交通センシング技術を確立していく。

(3) 研究題目2：「マルチモーダル交通流のビッグデータ解析」

研究グループ2（リーダー：石坂哲宏 日大）

研究グループ2（Co-リーダー：A. Prof. M. S. Desarkar IITH）

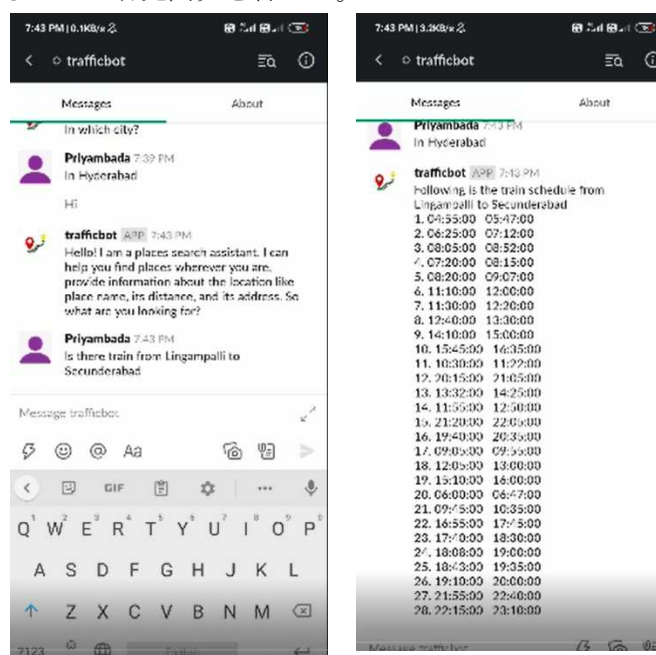
①研究題目2の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究課題2-1「ビッグデータ解析の全体およびダイナミック交通解析の研究」に関連して、研究課題2はビッグデータソース、推計・予測、結果の考察の3つに分類しているが、研究課題2-1はビッグデータソースの整理と研究環境の構築を目指し進めてきた。ビッグデータ解析を行う上での研究環境の構築は日印共に完了している。本年度は、整備した研究環境上に研究課題2-2, 2-3で用いるビッグデータソースであるアーメダバードの交通量データ、インドの交通情報・テキストデータなどを追加で整備した。今後、研究期間終了後のアーメダバード市などがマルチモーダルアプリケーションを実装していく上で、有用なビッグデータソースであること示すことができたといえる。

研究課題2-2「基礎フィールドテスト（IITH/日大）におけるビッグデータによる交通解析と評価」に関連して、IITH テストベッドにおけるアプリケーション上で動作する対話システムの構築を行った。本研究プロジェクトでは、「M2Smart Transport Bot」と呼び、対話型AIを用いて、アーメダバードとハイデラバードのアプリ利用者からの投稿（質問）に対する交通情報（回答）を提供するワンストップ型のサービスである。機能としては、周辺情報の検索、公共交通情報（GTFS データ）の提供、所要時間・距離の推定、本プロジェクトのデータベースとの統合による交通情報提供を予定している。研究開発上の要素として、タスク指向の仮想アシスタントまたは対話システムにおいて、アプリケーション上で交通情報を提供する際に大規模な注釈付き会話データセットを多言語化して利便性を高めていくことがアプリ利用促進に重要な役割を果たすと考えている。インドに適した交通アプリでの対話システムの開発を加速するために、コード混合英語-ヒンディー語デー

【令和2年度実施報告書】【210531】

タセットを提案した。データセットには、ルートの検索、バス/電車/タクシーの検索、近くの場所の検索、交通情報のクエリ、ドメイン外のクエリなどを統合して、既存の最先端モデルを使用して、ユーザの意図を特定するための研究開発を行った。



(駅間の鉄道に関する質問) (時刻表を回答)

図 5 対話型 AI を用いた交通情報案内アプリ

交通量の予測技術として、研究課題 1 からのビデオからのデータなどに対して、深層学習の一つの手法である「LSTM:Long short-term memory」を用いて、時間変動をトレースできる手法を構築した。学習用データと検証用データを用いて、深層学習における損失関数を確認すると過学習などの状態に陥っておらず、本手法の有効性が確認された。これらの手法をアーメダバードの交差点に設置したカメラから得られた交通データに適用した結果は、研究課題 2-3 で詳細に報告する。

研究課題 2 - 3「マルチモーダル交通に利用可能な交通情報収集及び解析技術の検証」に関連して、交通量と MFD の 2 つの指標に関して、将来短期予測可能かをアーメダバードの交通量データに適用して、検証した。手法としては深層学習手法の一つである LSTM を適用した。2018 年 11 月 19 日から 2019 年 8 月 29 日の間で、交通量データに欠損が少ない 139 日のデータを用いて、その 80% を学習用、20%を検証用として設定した。15 分間ごとに集計された交通量に関しては、図に示す通り観測値に対して良好な予測値を推計できる結果となった。

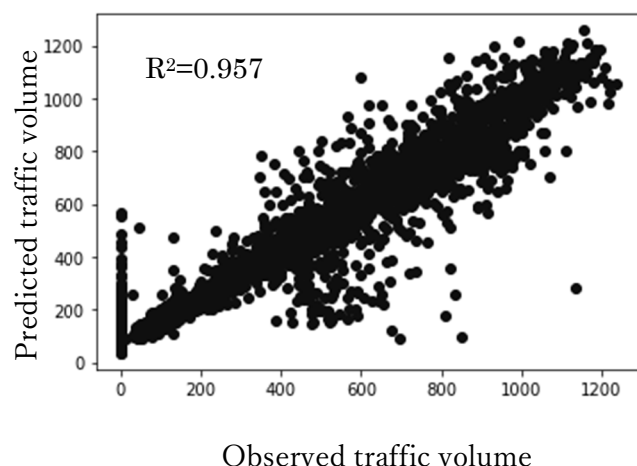


図 6 交通量の予測結果

MFD はエリアで集計した車両存在台数と総走行台キロの関係を表す指標であり、エリア内の交通状態とエリア間の交通状態の遷移を表現することができる。図-7 のように本プロジェクトで対象とするパルディ交差点（黄色）のエリアを囲む3つのエリアで設定し、周辺エリアの MFD 指標から対象のパルディ交差点エリアの MFD を予測する LSTM モデルを構築した。その結果を図-8 に示すと観測値より、予測値の範囲が広がっているように見えるが、時系列的な遷移状態は追うことができることを確認した。本研究課題でマイルストーンとした短期将来交通状態の予測モデルの構築は完了し、今後その予測精度の向上を促進していくことが必要であるといえる。

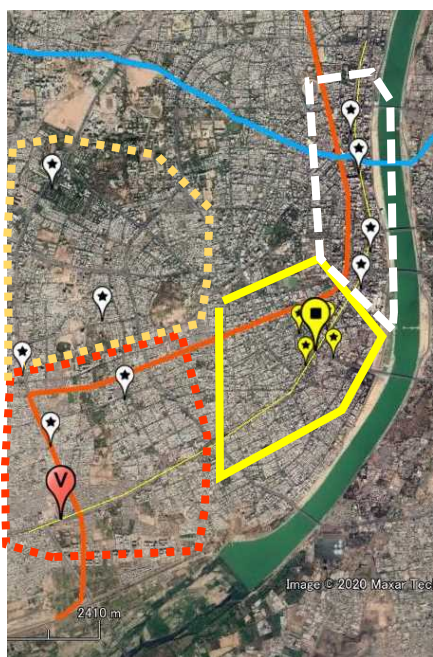


図 7 MFD の集計エリア（4エリア）
(Image © 2020 Maxar Technologies)

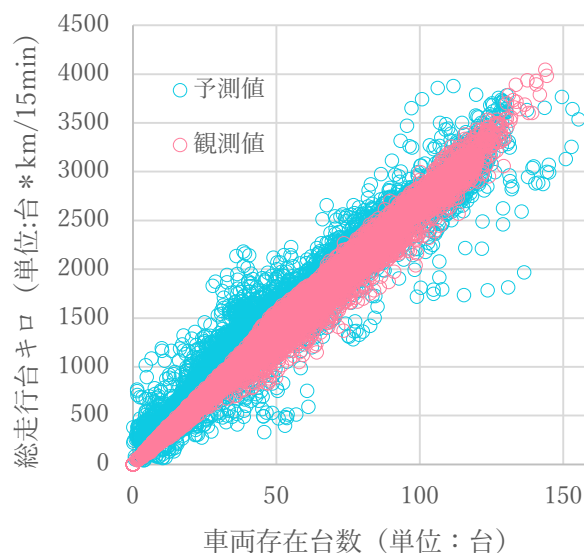


図 8 MFD の予測結果

研究課題 2-4「マルチモーダルシフトの推進とマルチモーダルアプリケーションの開発」に関して、マルチモーダルシフト推進のためのマルチモーダルアプリケーションは既に開発が完了している。本格的な利用段階の前段階としてアプリケーションで提供する情報を想定し、インド及び日本国内でアンケート調査を行った。インドのハイデラバードを対象にアプリケーションで提供される

交通データと実際との乖離をアンケートで具体的に想定し、アプリケーション開発に向けた知見を蓄積した。なお、本アンケートはインド・ハイデラバードを対象にして行ったが、これはアプリで主に対象とするメトロ（都市鉄道）がすでに開通し、十分なサービスを提供できる状態となっているため、ハイデラバード市民の方がアプリで提示される交通情報を明確に把握できると考えたためである。アンケート内容及び調査の実施は、グループ 2 の M. S. Desarkar 氏と共同で行った。調査結果は現在取りまとめ中であるが、6th Conference of the Transportation Research Group of India に投稿中である。

日本国内では、ランダム化比較試験（RCT）を想定して設計されたアプリケーションの機能の有効性を検証した。アプリでは所要時間、料金、ECO 度の要素においてそれぞれ優位な順で交通手段・経路を表示しており、どの要素が表示されるかがランダムに発現するようになっている。この状態を再現したアンケート調査を日本国内で行った。非集計ロジットモデルの交通手段選択モデルを構築した結果、アンケート被験者全員を対象とすると料金の影響が強く表示順位の有効性は確認できなかった。しかし、地球温暖化への高い関心がある人に限定して分析を行うと、並び替えによって、CO₂排出量が少ない手段を選択させる可能性が示された。また、インドのアプリケーションでは、メトロ（都市鉄道）や BRT の駅からの端末交通手段として、オートリキシャを利用する情報も提供していることから、端末交通手段でオートリキシャを利用する場合の利用者の意識構造を分析した。

本研究課題のマイルストーンに照らして、今後、インドでのアンケート結果を踏まえてマルチモーダルアプリケーションに関する利用者からのフィードバックを整理していく必要がある。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

マルチモーダルアプリケーションを今後補完して付加価値を高めていく対話型の交通情報案内アプリの開発やマルチモーダルアプリケーションの仕組みを評価するアンケート調査の実践を通して、両者の技術を共有することができた。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

マルチモーダルアプリケーションの今後の機能向上に資する対話型交通情報案内アプリの開発は、10 か所の交通カメラから収集するビッグデータの利用価値を向上することに寄与できると期待できる。対話型のシステムは、SNS などのテキスト情報をテキストマイニングして潜在的な交通状態を顕在化する取り組みから生まれたものであった。本プロジェクトのマルチモーダルアプリケーションに実装することは予定していないが、交通カメラから収集するビッグデータに付加的な価値を付与できる研究テーマとして期待することができる。

④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

開発するマルチモーダル交通流の計測技術を適用し、アーメダバードにおける交通流の特徴の把握並びに施策実施時の効果計測（交通状態への改善・変化を計測）することが狙いである。また、車両感知器や CCTV などの路側設置の観測装置による情報だけでなく、BRTS の走行軌跡データなどを融合してアーメダバード市の交通状態を明らかにし、研究題目 3 における導入効果を得るうえで必要となる交通状態を把握することがねらいである。

⑤研究題目2の研究実施方法（参考）

研究課題3の成果と関連し、マルチモーダルの推進（アプリやVMSによる交通情報提供）が交通行動変容に促す影響を見定めて、それらのキーとなる要因をビッグデータから抽出、解析、提供できる手法を構築していく予定である。

(4) 研究題目3：「マルチモーダル交通管理と情報提供」

研究グループ3（リーダー：A. Prof. Digvijay Pawar IITH）

研究グループ3（Co-リーダー：坪井務 名古屋）

①研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究課題3-1「マルチモーダル交通管理に関する評価手法の構築及びフィールド試験評価」に関して、IITHのテストベッドおよびアーメダバード市フィールド環境の整備が前年度にて完了しており、本年度での具体的なデータ収集と設備の維持管理を確実に行うことができた。特にIITHテストベッドにおいてはハイデラバード市にあるエンジニアリング会社とのオンサイトサポートを含む施設の維持管理が細かに行うことができています。アーメダバード市に設置した高精細カメラとPaldi交差点に設置した交通モニタカメラに関しても、リモートではあるもののバンガロールにある機器設置会社より遠隔管理を推進しており、機器運用状況についても日本国内よりモニターできる環境を構築し、管理ができています。コロナ禍であったものの1年間にわたる交通データの収集をインターネット経由にて把握でき、全研究機関間での共有データサーバーにて管理および解析用データとして活用が図られた(図9 交通モニタカメラと高精細画像カメラおよびPaldi交差点位置。地図上の番号は交通モニタカメラ設置位置を示す)。これらの設備から得られたデータの解析によりアーメダバード市における渋滞情報として用いられる占有率(%)のパラメータをマッピングした例を示す(図10)。図10には、2019年6月1ヶ月分のデータに基づく占有率をまとめ、交通モニタカメラの測定点を、距離逆比例加重の内挿法(IDW)を用いて、GIS上に展開した結果を示している。これにより市内の交通渋滞がどの個所で集中しているかを確認することができ、今後交通渋滞解決に向けた原因を探る糸口としての活用が期待できる。グループ内の議論では、各交通モニタデータのマッピング手法は、IDW以外にもクリギング法も検討している。IDW内挿ツールは、周囲の計測値または指定した数学式が出力サーフェスの滑らかさを決定し、結果に直接影響することから、決定論的内挿法としてよく使用される。一方、クリギング法は自己相関を含む相互に統計的な関係を持つ計測値を持つ統計モデルに基づき、地球統計学的方法で構成される。このため、地球統計学的手法は、予測サーフェスを作成できるだけでなく、予測の確実性または精度の尺度も提供されるため、今後の検討にはさらに詳細検討を行う計画としている。

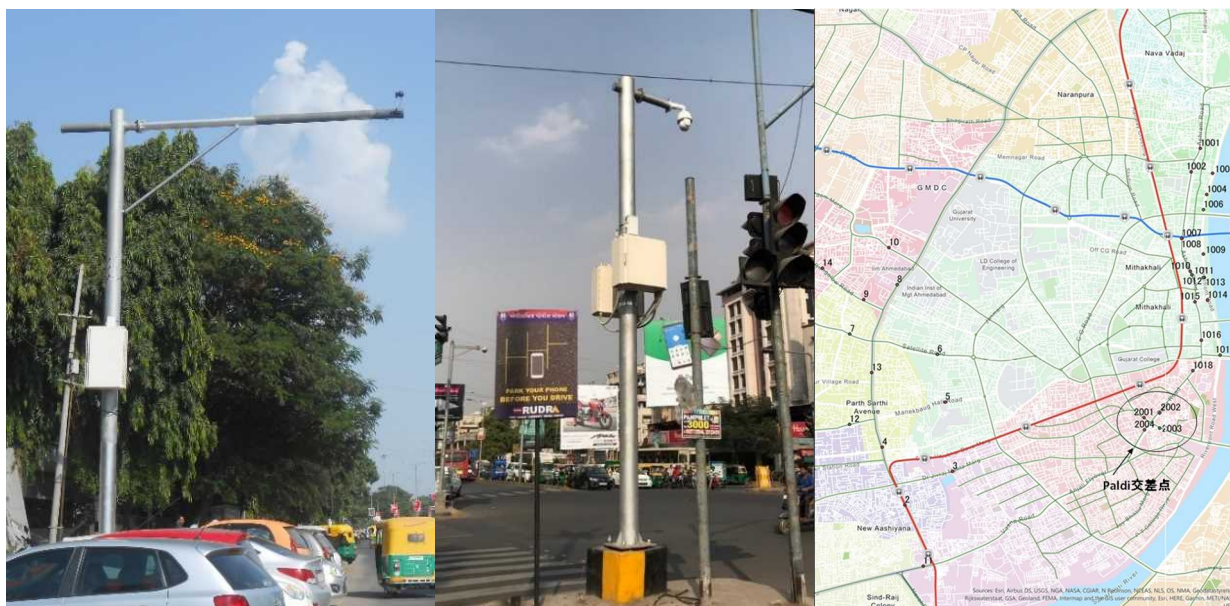


図 9 交通モニタカメラ（左）高精細画像カメラ（中央） カメラ設置位置と Paldi 交差点（右）

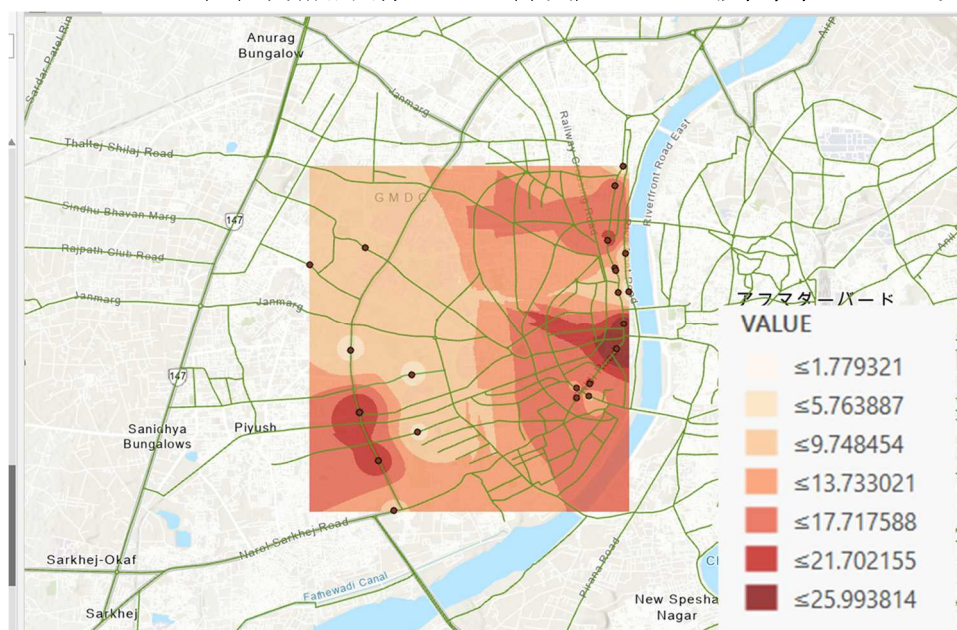


図 10 アーマダバード市の交通渋滞状況（占有率によるマッピング）

Sources: Esri, Airbus DS, USGS, NASA, CGIAR, N Rebrnson, NCEAS, NLS, OS, NIMA, Geodatastyrelsen, Rijkswaterstaat, GAS, Geoland, FEMA, Intermap and the BIS user community, Esri, HERE, Garmin, METI/NASA, USGS

研究課題 3-2「可変情報板（VMS）での交通情報提供に基づく交通制御に関する評価」に関して、アーマダバード市内に複数設置されている可変情報板(VMS: Variable Message Sign)について、日本人を対象としたプレ調査において、運転者と後部座席着席を比較すると運転者の方がより意識変化が生じやすいという分析結果を得たこと等を踏まえ、運転者が自発的に低炭素行動を実践可能なアイドリングストップや急ブレーキ・急発進禁止などの「低炭素ドライブ推奨」を VMS に提示することにした。低炭素ドライブやメッセージ性のあるピクトグラムについて、先進国で実施されてきた方法や効果をレビューし、フィールド調査に求められる実験条件やモニタリングカメラを用いた録画情報による検証方法を検討した。

研究課題 3-3「マルチモーダルアプリケーションによる交通行動変容の評価」に関して、契約していた現地実証試験がコロナ禍により実施不可能となった。このため、事前実証試験にて行った小規模実証試験のデータをもとにデータ解析手法について検討を行った。参考として 20 名の被験者の 2 週間におけるトリップを図 11 に示した。色の濃淡は移動速度を表しており、濃い色は移動速度が遅い場合を意味し、別途データ取得されている移動手段（徒歩、車、バス）の合わせ込みで移動に時間がかかっているなどの今後のデータ解析に活用できる見通しができた。

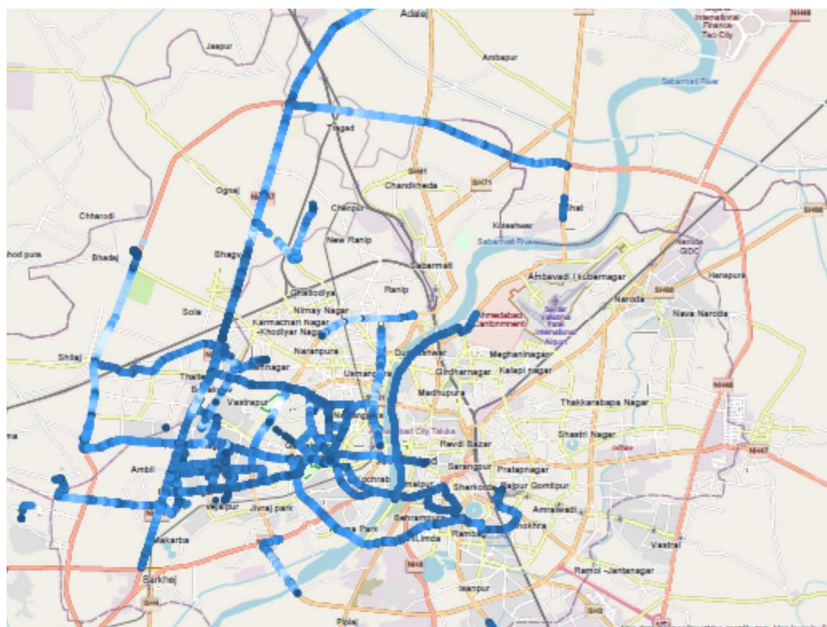


図 11 マルチモーダルアプリによる移動軌跡例

Sources: Esri, Airbus DS, USGS, NASA, CGIAR, N Rebrnson, NCEAS, NLS, OS, NIMA, Geodatastyrelsen, Rijkswaterstaat, GAS, Geoland, FEMA, Intermap and the BIS user community, Esri, HERE, Garmin, METI/NASA, USGS

研究課題 3-4「収集交通データとシミュレーションにおける信号制御に関する評価」では、実信号機における制御は安全面にて実施は難しいため、IITH にてインドの交通信号機の各種方式を調査し、各方式による信号待ち時間をアーメダバード市に設置されている複数隣接する信号機の位置情報を用いることでシミュレーションを実施している。信号機の場所に関しては図 12 に示した隣接する 7 交差点の環境をベースとし、図 13 の 4 つのゾーンにまとめたグループ単位的环境を模擬する。交通データに関しては、実際のデータを用いシミュレーションにかけ、信号待ちのタイミングにて比較をすることを行った。信号制御は、インドで一般的に採用されている各方向道路に設置してある信号機が順に青→黄→赤のサイクルを一方方向に制御する固定サイクル方式(Fixed)と、信号機のサイクルを交通量に合わせて変化させる可変サイクル方式(Actuated) および隣接交差点も考慮した面的制御方式にて比較する。面的制御方式(Intelligent)は日本で一般的に採用されている方式を採用した。シミュレーションでは更に細かく 5 種類の方式を用いている。結果は、面的制御方式が、固定サイクル制御方式、可変サイクル制御方式より 3 割以上の向上が図られることが判った。これまでの経験から交差点での信号待ちにおける車両 CO2 排気が多いことが判っており、信号方式により改善が図られることが理解できる。



図 12 AMD 市内信号機位置



図 13 シミュレーションゾーン

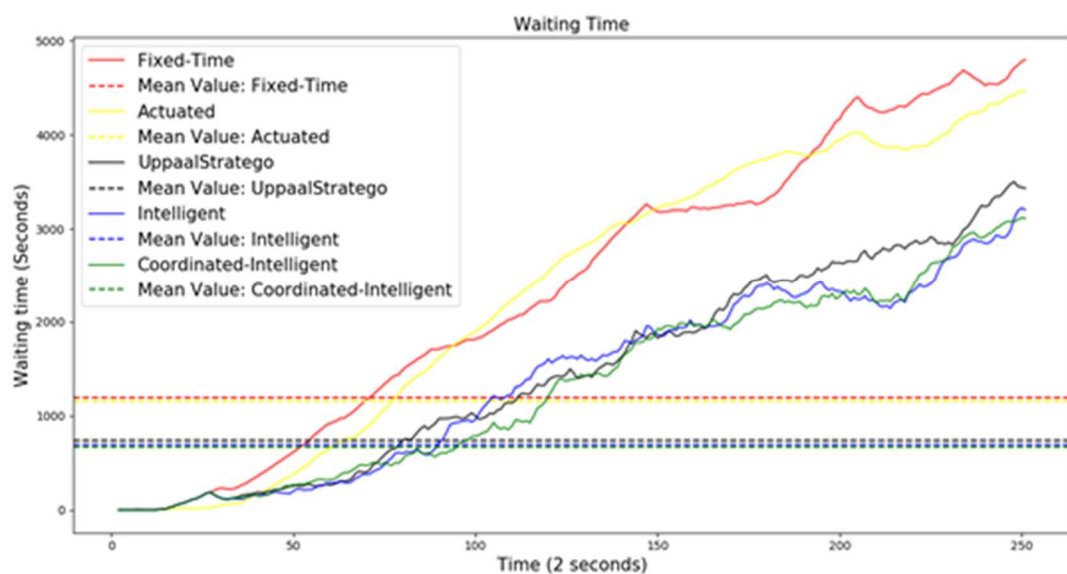


図 14 信号機制御による待ち時間シミュレーション結果

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

- 1) 2020 年度のアメダバード市交通データのデータサーバーにより情報共有化を確立した。
- 2) 信号機制御シミュレーションは、既に IITH にてシミュレーション環境を構築し、継続して検討を実施中。
- 3) IITH テストベッド環境に対し、現地エンジニアリング会社との委託契約により機器管理とオンサイト技術サポート体制を確立した。

③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

- 1) 2020 年 3 月より突発したコロナの影響が本研究に関わらず、大きな影響を及ぼすことになった。特に、フィールド実証試験を予定していた研究題目 3-2, 3-3 にて計画の大きな見直しが発生した。一方で冒頭にふれたように、現地行政（AMC、スマートシティ公社）やインド大使館との関係構築が深めることができた。次年度以降での実証試験の実施に向けた計画を作成中である。
- 2) アーメダバード市の交通モニター装置の内、カメラ#11（VMS に設置）が道路拡張に伴い 2020 年 12 月撤去となった。このため、本交通モニタカメラの代替としてレンタル契約以外の交通カメラデータの提供を現地機器設置企業との交渉で了解頂けることになった。また、現地通信回線の状況により、データ欠損も生じた場合に関しても、レンタル以外の交通カメラデータの提供を頂けることになり、交通解析に対する大きな支障とならず対応ができた。
- 3) コロナ禍により、アーメダバード市で建設中のメトロの開業が遅延しており、公共交通へのモダルシフトに向けた提案が、BRT（専用レーンバス）のみとなっている。特に主要道路でもあり、交通ミクロシミュレータに構築した Ashram 道路と並行する南北メトロ線の開通による車両の削減効果を見込んでいたため、その確証と実証試験の実施が残りの研究期間で可能か微妙な状況にあるものの、2021 年度での運行を計画しているとの情報を受けているので、期待したい。

④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

- 1) これまで把握が難しかったインドの交通量の見える化として、交通データの収集を継続的に行える環境を準備し、研究題目 1 の画像による交通データの精度向上と、得られたデータを交通理論との比較を行う研究題目 2 につなげる役割を持つ。
- 2) データ解析した結果から、地域住民への分かり易い情報の提供を情報板（VMS）の活用や、スマートホンでの最適ルート選択肢を提供することで、自家用車利用ユーザであれば公共交通の利用増加を促すアイデアを生み出す契機を捕まえることにある。
- 3) 現場での実証試験を地域行政や公共交通機関といったステークホルダーを巻き込んだ活動を行うことで、SATREPS 終了後も持続的な取り組みが可能となる仕組みを提案する。
- 4) 交通渋滞のデータの見える化により、現状の課題となる点を地域行政に提供するとともに、その改善に関する議論ができるデータ蓄積と情報供給を図る。

⑤研究題目 3 の研究実施方法（参考）

- 1) アーメダバード市の主要交差点（Paldi）に設置した交通モニタカメラおよび高精細画像カメラを活用し定常的に交通データ収集を行う。
- 2) アーメダバード市内に 29 か所に設置された内、重要個所のカメラをレンタルし、地域交通情報の収集を行う。
- 3) 研究項目 1、2 での交通解析をもとに、地域住民への的確な交通情報の提供を情報板（VMS）にて行う。また、BRT バス運行のリアルタイム情報とリンクした目的地までの各種選択情報を提供するアプリを搭載したスマートホンにてユーザの目的にあったルート案内提供を行う方法で、情報開示を展開する。
- 4) 基本的な交通センシング技術を、IITH テストベット構築により事前技術評価が行える環境を準備する。

(5) 研究題目 4：「交通インフラ整備との連携を軸としたスマートシティ構築の提案（ハンドブック）作成と実施」

研究グループ 4（リーダー：福田敦 教授 日大）

研究グループ 4（Co-リーダー：Prof. Soumya Jana IITH）

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究活動 4-1「取り組み方策のレビューと交通施設整備の方向性の把握」では、2019 年度に引き続き低炭素都市の実現に向けた取り組みなどのレビューを実施した。特に、インドにおけるスマートシティに関連する既存研究のレビューを実施した。レビューから得られた知見を基に研究活動 4-2 及び 4-3 に対する研究手法の把握やディスカッションを行った。

研究活動 4-2「収集した交通データによる交通制御と VMS での交通情報提供に基づく自動車交通適正化によるエネルギー消費量削減と低炭素化の推計」では、令和 2 年度は、センシングの実証実験等の結果を踏まえた上で入力データの精度向上や動的な信号現示最適化のための信号現示パラメータの調整方法に関するアルゴリズムを検討し、シミュレーションによるシナリオ評価を実施する予定であったが、研究題目 1 の研究活動の遅延により、予定していた研究活動が実施できていない。

研究活動 4-3「マルチモーダルアプリケーションによる低炭素化の推計」については、研究活動 4-2 で構築するシミュレーションをベースに研究活動 4-3 におけるアプリケーションからの情報提供による交通行動（手段選択、経路選択など）の変化も踏まえて実施する予定であったが、アプリケーションのリリースが遅れたことにより研究題目 3 においてデータが取得できていないため実施できていない。上記の状況を踏まえ、土地利用・交通モデルを用いてマルチモーダルによる燃料消費量及び CO₂ 排出削減量を推計する手法に関するディスカッションを行い、モデル適用に向けてアーメダバードの社会経済指標などの必要なデータを収集した。特に今年度は、図 15 の人口データに基づいて、メトロネットワークを考慮したゾーニングの設定を行った（図 16）。

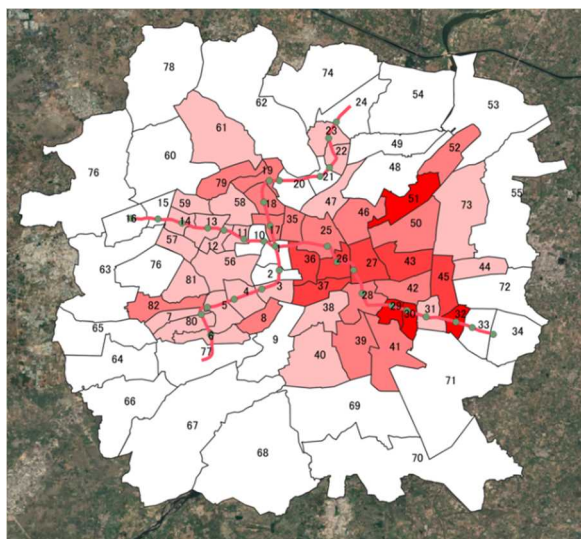


図 15 ゾーン別人口

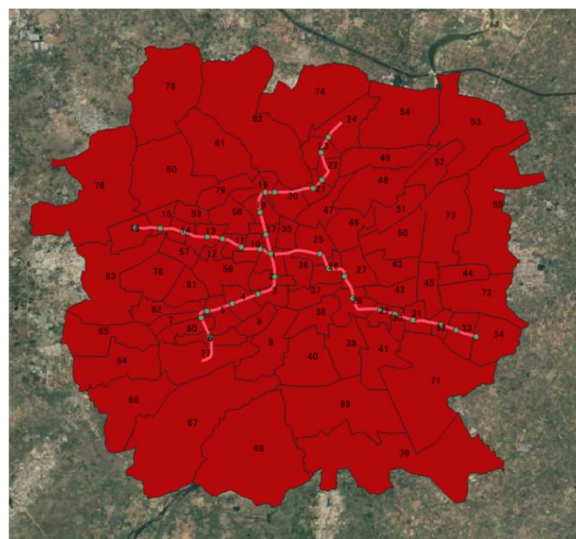


図 16 ゾーニングマップ

研究活動 4-4「スマートシティに向けたマルチモーダルのためのハンドブックーセンシング・ネットワーク・ビッグデータ解析の応用」の作成では、2019 年度に作成したハンドブックの全体構成（目次）を月例の全体ミーティングにおいてディスカッションを行い、適宜修正を行った。その構成に基づいて、各研究グループが作成した 100 字程度の各章の概要（各研究活動で得られた研究成果の内容が中心）を取りまとめ、全体の構成を再考した。また、図 17 に示したハンドブックのフォーマット（イメージ）を作成し、各グループにそのフォーマットを共有した。

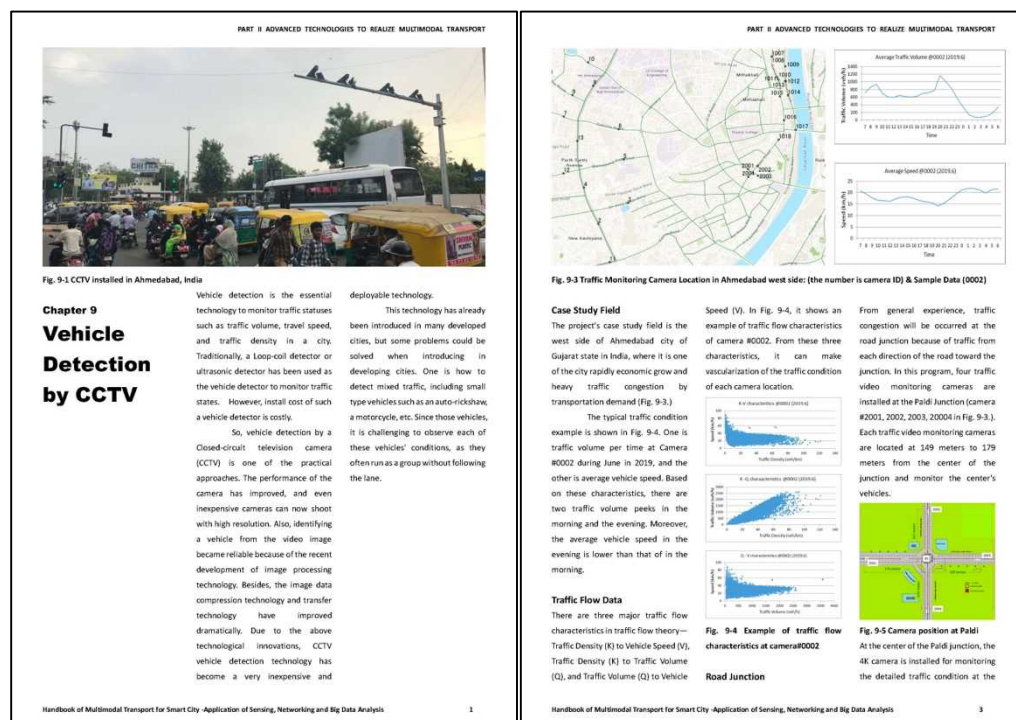


図 17 ハンドブックのイメージ例（Chapter 9）

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究活動 4-4 のハンドブックの作成に関して、IITH の研究メンバーとスマートシティに関する技術的な検討課題について、研究打合せを通して情報の共有を図った。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

研究活動 4-2 及び 4-3 でも記載したが、新型コロナウイルス感染症の拡大によって、研究題目 1 及び 3 の進捗状況が遅れており、当該年度は予定していた計画通りに活動できていない。その状況を踏まえ、研究題目 4 において核となる研究活動 4-3 では、既存の土地利用・交通モデルを活用し、マルチモーダルによる燃料消費量及び CO₂ 排出量の推計を行うこととした。

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

エネルギー消費量と温室効果ガス排出量のモデル開発を行い、マルチモーダル対応型交通情報の提供がなされた際の温室効果ガス排出量の推計とその削減量を求めることで低炭素社会の実現に貢

献する。

⑤研究題目 4 の研究実施方法（参考）

自動車交通によるエネルギー消費量の推計および自動車から排出される温室効果ガスを推計する方法を選定し、対象都市であるアーメダバード市への適用に必要なデータの収集、エネルギー消費量と温室効果ガス排出量を推計するモデルの開発を行う。さらに、研究題目 3 で得られる交通情報提供によるマルチモーダル推進の成果を基礎に、情報提供による交通行動（手段選択、経路選択など）の変化を推計に組み込み、想定しているマルチモーダル対応型交通情報の提供がなされた場合の温室効果ガス排出量とその削減量を推計する。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

- (1) アーメダバード市での予定した実証試験の実現を試みる。具体的には支援のコミットを頂いているスマートシティ開発公社および地元 CEPT 大学との連携により、次年度での実証試験を推進する。この実証試験では、市内既設の交通情報板（VMS）を活用した情報提供によるドライバーの行動変容の可能性と、地域住民の移動目的に合わせたルート選択候補を提供するスマートホンのアプリケーションを活用し、自家用車利用者の公共交通利用への契機を提供する試みが含まれている。
- (2) 実証試験および研究成果に関し、アーメダバード市と連携したワークショップを計画し、地域公共交通機関およびステークホルダー間からのフィードバックを計画する。ワークショップ会場には、スマートシティ開発公社の CEO より提供準備ある旨の約束を頂いている。これまでに 2 回のワークショップを開催した経験から、現地側での共通認識はできている。
- (3) プロジェクト成果として計画している「ハンドブック」に関して、関係機関の協力を得て、ハンドブックへのフィードバックと他都市にどのように展開を行っていくかを検討する予定である。なおこれらの協力に関しては、インド大使館公使を通じてのインド主要都市行政への提供を受ける約束を頂いている。特に、インド国政府が推進するインドにおける 100 のスマートシティの構築を掲げる施策「100 Smart City」に関係する都市首長への声掛けなどの提案も頂いている。

ハンドブックの他の都市への展開に関しては、在印日本大使館の関係職員からフィードバックを頂いており、プロジェクト成果への期待もあることから、今後関係機関の協力をもって進めていく予定である。

III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

・現状と課題：

インド交通データの取得は 1 年以上の蓄積が確保でき、年間を通じての交通状況の把握ができた。また、データ解析から日常の朝夕の交通ラッシュによる渋滞の発生の把握ができ、特に夕方の渋滞が顕著である解析ができた。また、高精細画像カメラを利用した AI による 80%以上の認識率を可能にするシステム構築ができた。対象とした主要道でのミクロシミュレーションモデルを構築し、将来の交通予測での CO2 排気予測を行える環境構築もできた。更に、交通センシング技術の確認および評価を可能とする IITH テストベッドも構築できた。

一方で課題としては、実際のフィールドへの応用の実現性と難易度の確認が残っている。すなわち、アーメダバード市の夕方に発生する交通渋滞の根本理由の把握や、一般交通モニタカメラによる渋滞の把握と、渋滞緩和に向けた最適な交通情報の提供手法および内容に関する確認は、フィールドでの実証試験で行う必要があり、コロナ禍で実施困難となっている実証試験実施に向けた対策が必要となっている。

・各種課題への行った工夫：

コロナ禍により実施困難になっている実証実験であるが、本研究プロジェクトの重要性を在日インド大使館との 3 回の意見・情報交換と公使に日本大学訪問による施設見学および研究員との意見交換を実施し、支援頂けるコメントを頂いた。これによりインド公使からアーメダバード市

行政 AMC およびスマートシティ開発公社 CEO 等への支援要請が出され、現在実証試験実施に向けた検討を実施している。更に地域都市開発に詳しい CEPT 大学の教授の紹介も頂き、具体的な議論を展開している。

- ・相手国（研究機関・研究者）が取り組む事項：

IITH のテストベッドは、実フィールドでの検証が難しい技術の評価に最適であり、継続した積極活用が求められる。また、今後拡大する IITH 構内の交通（連絡バス、教員車両、学生 2 輪車等）の実際の管理にも自主的な運用管理が最適である。また、実フィールドとして検討しているアーメダバード市とは、現地に設置した交通モニタカメラ、高精細画像カメラはアーメダバード市に移管予定であるが、交通解析に関してはオンライン接続により、ハイデラバードにおいてもリモート活用が可能であり、両都市間連携としても有効となる。

- ・難航・遅延事例と解決プロセス、結果：

何ととっても問題となるのはコロナ禍における研究進捗の遅延が問題となった。現在もコロナ禍の状況も解決には至っていない反面、インド行政、地方行政との対策に向けた連絡・意見交換の回数も 22 回以上におよび、むしろ関係強化の構築に至ることが可能となった。また、日本研究機関と IITH との連携は、オンラインではあるものの全体会議の開催を 5 回開催し、関係する IITH 学生の参加も得られ 30 名近くになり、SATREPS 全体研究内容の紹介および意見交流の場とすることができた。更には全体会議の結果を News Letter として現地調整員のサポートにより発刊することで、機関全員の情報共有としての活用ができた。

(2) 研究題目 1：「マルチモーダル交通センシングとモニタリング技術の開発」

研究グループ 1（リーダー：Prof. C. K Mohan IITH)

研究グループ 1 (Co-リーダー：高橋聡 主事 名古屋)

IITH との共同研究において、研究プロジェクトの有効性を高めるために開発環境その成果を比較しやすくするために入力とする画像データの共通化、出力として交通量のカウント結果の共通化などの共通基盤の検討を両方で調整し行った。特に、入力となる画像データの共有体制の構築は重要であり、膨大な容量とセキュアアクセスが課題となるが、物理的なネットワークストレージを利用した共有に加え、日本大学で契約する G Suite サービスにより容量無制限となる Google の共有ドライブを利用してデータ共有環境を整備し、アクセス可能なメンバーをアカウント単位で制限することでデータ共有問題の解決を図った。双方向アクセス可能な基盤が構築できたことで、画像処理におけるアノテーションデータの共有、ベンチマークデータの共有、認識した画像のサンプル共有などを行うことができた。これらは機械学習の世界で情報公開サイトとして有名なサイトにアップし、一般にも公開されており、本プロジェクトの研究者だけではなく、同様の研究を志す研究者への問題克服を可能としている。

URL:<https://github.com/debadityaroy/SkyEye/>

IITH との共同研究において、研究プロジェクトの有効性を高めるために開発環境その成果を比較しやすくするために入力とする画像データの共通化へ向けた 360° カメラの新設と日印の各キャンパスにおけるカメラ情報取得の環境を整えている。しかし、カメラソフトウェア側でアクセスの排

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

他制御などが期待できない点や、月毎の通信容量制限などがあり、計画的な運用プランが一つの問題となるため、Google カレンダーを利用してデータ取得計画を研究グループ内で共有する枠組みを整備し、同時アクセスなどの抑制を図っている。

2018 年 1 月に行った公開ワークショップ（場所：日本大学駿河台キャンパス）において、交通状態の推定において重要なことは多様なセンシングデバイスにおける情報源を基にしたデータフュージョンであるとの指摘を受けた。マルチモーダルな交通状態を推定する上で欠かせないセンシング技術の開発において、類似プロジェクトが存在するケースにおいては、各々の研究のアイデンティティは担保しつつ、必要な交通データのフュージョン、高度な分析手法に関するデータフュージョンないし、実用に向けてはセンサそのものを含めた選定を実施することが有効と考えるため、データテーブルとしての取得情報の共有化が重要といえる。この指摘を受けて両研究機関の研究者は検討を進め、個別のセンシング技術の開発にとどまらず研究題目 2 を意識した共通のシステムデザインの必要性を確認し、考慮した。

(3) 研究題目 2：「マルチモーダル交通流のビッグデータ解析」

研究グループ 2（リーダー：石坂哲宏 日大）

研究グループ 2（Co-リーダー：A. Prof. M. S. Deskar IITH）

ビッグデータ解析においてデータの共有を図り共通のプラットフォームをベースに解析を進めていくことが重要である。本研究課題では既に、共通のプラットフォームに関しては、IITH テストベッド及びアーメダバードの交通カメラの映像、交通観測データなどの共有を図る仕組みを構築することができた。また、解析作業においても、研究の効率化のために、相互の解析において可逆性を確保しておくことできた。

このように種々の交通ビッグデータを統合し、共通プラットフォームで解析できる環境が整えられたが、相手国研究機関においては今後、自立して取り組む際には、データを統合してどのようなメリットが発生するのか、それを的確にデータの保有者（行政サイド）に提示できるかにかかっているといえる。研究成果を踏まえて、研究課題 1 で指摘のあったデータフュージョンがどのようなインパクトを持ち得ることができるのかの知見を、相手国研究機関と創造していく必要があるといえる。

(4) 研究題目 3：「マルチモーダル交通管理と情報提供」

研究グループ 3（リーダー：A. Prof. Digvijay Pawar IITH）

研究グループ 3（Co-リーダー：坪井務 名古屋）

実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫と活用として、実フィールド試験が困難な技術確認として IITH テストベッドを構築したが、設備機器は実フィールドにて使用されるものであり、機器の管理およびメンテナンスには IITH のみでは困難であり、現地設備提供エンジニアリング会社との契約により、管理およびオンサイトサポートを実施することで、学生の機器利用にあたっての問題対応を行えた。アーメダバード市設置機器に関してもリモートにて稼働状況の管理がオンラインで確認できると共に、問題発生時の現地エンジニアリング会社へのサポート契約

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

により問題解決にあたることができた。コロナ禍でオンラインによるグループ間の会議に関しても、定期的に実施することで研究進捗管理を行うことができた。

今後の教訓、提言として、コロナ禍における活動となる制約の中で、研究自体は共同実施以外の分野ではそれぞれの研究成果を紹介することで、各人のモチベーションを維持すると共に、フィードバックを貰うことで次への段階への研究の進め方が明確にすることができた。定期的なチーム間での発表会・意見交換は定期的に進めるのが効果的と考える。また、全体会議後に発行される News Letter の原稿にもその研究成果の概要が紹介されるため、研究者自身のモチベーションにつながる。

(5) 研究題目 4：「交通インフラ整備との連携を軸としたスマートシティ構築の提案（ハンドブック）作成と実施」

研究グループ 4（リーダー：福田敦 教授 日大）

研究グループ 4（Co-リーダー：Prof. Soumya Jana IITH）

アーメダバード市で実施、計画されている交通情報提供、交通制御を含む交通施設整備について交通関係のステークホルダーにヒアリング等を行って整理する活動の一環として、2018 年 7 月にワークショップを開催し、SATREPES で目指すべきマルチモーダルに向けた活動の方向性が正しいことをアーメダバード市の交通関係機関と確認をした。今後、シミュレーションによる評価において、各研究課題の成果を踏まえたインプット・アウトプットが必要であることや、ハンドブックでの作成過程で各研究課題の成果を見える化したうえで取り組むことが求められるので、IITH 側を含め各グループの研究者と密に連携を取って進めていく。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

現時点では、研究のための交通データの集積と解析を行っている段階であり、まだ研究成果の社会還元までの段階にない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- ・ Ahmedabad Municipal Corporation (AMC) およびスマートシティ開発公社 CEO とのコロナ禍により実施困難になっている実証試験の現地支援における打合せを 22 回実施し、実証試験の意義および現地都市開発関係のプロジェクトにも参加する CEPT 大学の教授との意見交流の場を設けることができ、CEPT 大学とは 5 回打合せができ、現在も継続中。

- ・ 現在建設中のメトロ開発会社との意見交換を行い、メトロ開発状況の把握を行うと共に、今後の実証試験および連携の協力をお願いし、了解を頂いた。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・2020年12月29日、在日インド大使館のモナ・カンダール経済商務担当公使との会談を行い、同月に発刊された、外務書による「2019年版 開発協力白書」英文版を、モナ公使に謹呈する機会を頂いた。
- ・2021年1月21日に開催されたJCC（Joint Coordinate Committee）のJICAからの各種メディアによりその様子を相手国メディア14誌で報道された。
- ・2021年3月18日にインド大使館 Mona Khandhar 公使の要請により、日本大学（船橋キャンパス）を訪問頂き、SATREPS メンバーである本大学教員との面談および構内実験施設の視察を頂いた。公使から研究内容に関し、技術的な質問を頂くと共に、残りの SATREPS に向けた活動への期待と激励を頂いた。



VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

【令和2年度実施報告書】【210531】

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Debaditya Roy, Tetsuhiro ISHIZAKA, C. Krishna Mohan, Atsushi FUKUDA, "Detection of Collision-Prone Vehicle Behavior at Intersections Using Siamese Interaction LSTM", IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2020.10, --, pp.1-11	10.1109/TITS.2020.3031984	国際誌	発表済	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Hiraide, T., Kawasaki, T. and Hanaoka, S.: Clarification of Public Transport Usage Conditions in Ahmedabad, India, WIT Transactions on the Built Environment, Vol.182, pp.61-72	10.2495/UIT180061	国際誌	発表済	
2019	Guo, X., Kawasaki, T., and Hanaoka, S., Clarification of the characteristics of Autorickshaw passengers in Ahmedabad, Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies.		国際誌	発表済	
2019	Anand Kakarla, Ryohei Hashimoto, Tetsuhiro Ishizaka, Atsushi Fukuda, Exploring the Affect of Mixed Traffic Zones on BRTS: A case study on Ahmedabad BRTS, World Conference on Transport Research, 2019		国際誌	発表済	
2019	Tsutomu Tsuboi, Noriaki Yoshikawa, "Traffic flow analysis in Ahmedabad (India)", Case Studies on Transport Policy, 2020.03, 215228, pp.--	10.1016/j.cstp.2019.06.001	国際誌	発表済	
2019	Tsutomu Tsuboi, "Quantitative Traffic Safety Analysis for India by 2 Japanese Experience", Sociology Study, Jan.-Feb. 2020, Vol. 10, No. 1, 1-14, pp.1-14	10.17265/2159-5526/2020.01.001	国際誌	発表済	
2020	Tsuboi, T.B47, "Visualization and Analysis of Traffic Flow and Congestion in India", Open Access Journals-Infrastructure, (ISSN 2412-3811), March, 2021		国際誌	発表済	
2020	Tsuboi, T., "Design of Cities and Buildings - Intelligence, Sustainable and Resilience Built Environment - Traffic Flow Analysis and Management", IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.9508, March, 2021	DOI: 10.5772/intechopen.95087	国際誌	発表済	

論文数 6 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 6 件
公開すべきでない論文 0 件

③ その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④ その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	坪井 務、小森英樹、辰上義彦、PPPビジネスモデルを用いたインドITSプロジェクトによる交通情報可視化を実現したスマートモビリティ、交通工学、Vol.51, No.4, pp.28-31	機関誌	発表済	SATREPSIにつながる研究成果の報告
2016	坪井 務、辰上義彦、小森英樹「インドにおける道路交通情報提供システムの導入」、日本道路交通協会 道路、Vol.908, 11月号, pp.26-29	機関誌	発表済	同上
2020	坪井 務、石坂哲宏、Debaditya Roy、関 弘翔、西脇大輔、高橋 聡、インドにおける深層学習を用いた混合交通車両検出技術、交通工学、Vol.56, No.1, pp.54-57, 2021.1		発表済	

著作物数 3 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤ 研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2019	国際学会	Keisuke YOSHIOKA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Atsushi FUKUDA (Nihon university), Digvijay S. PAWAR (Indian Institute of Technology, Hyderabad), A Trial of OD Traffic Volume Estimation through the Fusion of Various Types of Traffic Data and CO2 Emissions Estimation by Microsimulation, The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Colombo, 2019.9	ポスター発表
2019	国際学会	Ryohei Hashimoto(Nihon University), Anand Kakarla(IITH), Tetsuhiro Ishizaka, Atsushi Fukuda(Nihon University), "Analyzing Route Segment Performance Based on Multiple Indicators Using DEA: A Case Study on Ahmedabad BRT", The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Tetsuhiro Ishizaka, Anand Kakarla, Atsushi Fukuda(日本大学), Digvijay S. Pawar(IITH), Hiroki Kikuchi(日本大学), Behavior Analysis on Last One-Mile Connectivity by Providing Auto-rickshaw Feeder Service and Navigation in India, The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	A. Kakarla, V. S. K. R. Munagala, A. Qureshi, S. Thatikonda, S. De(IITH), T. Ishizaka, A. Fukuda, S(日大), Jana(IITH), "Comprehensive Air Quality Management System for Rapidly Growing Cities in Developing Countries", IEEE Global Humanitarian Technology Conference, Seattle, October17-20, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Debaditya Roy, Tetsuhiro Ishizaka(日本大学), C. Krishna Mohan (IITH), and Atsushi Fukuda(日本大学), "Vehicle Trajectory Prediction at Intersections using Interaction based Generative Adversarial Networks", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Auckland, New Zealand, 27 Oct- 30 Oct, 2019	口頭発表
2019	国際学会	ANAND KAKARLA, RYOHEI HASHIMOTO, TETSUHIRO ISHIZAKA, ATSUSHI FUKUDA(日本大学), SOUMA JANA (IITH), Exploring the Affect of Mixed Traffic Zones on BRTS: A case study on Ahmedabad BRTS, 15th World Conference on Transport Research, Mumbai, India, 2019	口頭発表
2020	国際学会	Debaditya Roy(日本大学), K. Naveen Kumar, C. Krishna Mohan(IITH), "Defining Traffic States using Spatio-temporal Traffic Graphs", The 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, September 20-23, 2020	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 5 件
ポスター発表 2 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国内学会	坪井務(名古屋電機)、新興国における道路混雑と交通サービス定量評価主張、電気・電子・情報学会東海支部大会、名古屋大学、9月7日	口頭発表
2017	国際学会	Tsuboi.T(名古屋電機)、Traffic Flow Analysis in Emerging Country (India)、CODATU17/UMI (Urban Mobility India)、Hyderabad, Nov/4-6	口頭発表
2017	国際学会	Pawar.D(IITH), Modeling Crossing Behavior of Drivers and Pedestrians at Uncontrolled Intersections and Mid-block Crossings、Nov/4-6	口頭発表
2018	国際学会	坪井務(名古屋電機)、Quantitative Analysis Method of Traffic Service by Traffic Congestion under Developing Country、ISTS&IWTDCS 2018、日本(松山)、8/3-6	ポスター発表
2018	国内学会	橋本諒平、石坂哲宏(日大)、IITHインド・アーメダバードにおけるBRTSの走行特性・遅れに関する分析、土木学会第73回年次学術講演会(全国大会)、北海道、8/29-30,2018	口頭発表
2018	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Traffic Service Quantitative Analysis Method under Developing Country、ICACCI 2018、India(Bengaluru)、9/19-27	口頭発表

2018	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Dynamic Macro Numeric Analysis of Fatal Traffic Accident、ICACCI 2018、India(Bengaluru)、9/19-27	口頭発表
2018	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Traffic Flow and Vehicular Lanes Effect Analysis in Emerging Country、Urban Transportations 2018、Spain(Barcelona)、11/25-27	ポスター発表
2018	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Traffic Congestion Visualization by Traffic Parameters in India、ICICC 2019、Check(Ostrava)、3/21-22	口頭発表
2018	国際学会	Hiraide, T. (Tokyo Institute of Technology), Clarification of Public Transport Usage Conditions in Ahmedabad, India, 24th International Conference on Urban Transport and the Environment, Seville, 2018.9	口頭発表
2018	国内学会	石坂哲宏(日本大学)、高橋文哉、福田敦:乗合タクシーをアクセス交通に考慮した際の交通手段選択に関する基礎的研究、土木学会第73回年次学術講演会、日本・北海道、2018.8	口頭発表
2018	国内学会	福田敦(日本大学)、マルチモーダル地域交通状況のセンシング、ネットワークとビッグデータ解析に基づくエネルギー低炭素社会実現を目指した新興国におけるスマートシティの構築、日本環境共生学会20周年記念学術大会、三重、2018.9	ポスター発表
2018	国際学会	Ryohei Hashimoto(Nihon University) and Anand Kakarla, "Analyzing the effect of variation of intersection delays on total travel time in Bus Rapid Transit Systems", Honda Y-E-S Forum, Tokyo, Japan, July, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Traffic Flow and Vehicular Lanes Effect Analysis in Emerging Country, Urban Transitions, 11/25-27, 2018	ポスター発表
2018	国内学会	Suhel Magdum, Mehul Sharma, Srikant Manas Kala, Antony Franklin A, and Bheemarjuna Reddy Tamma, "Evaluating DTN Routing Schemes for Application in Vehicular Networks", in Proc. of 5th workshop on Intelligent Transportation Systems (ITS), co-located with COMSNETS, Bengaluru, India, January 2019	口頭発表
2018	国内学会	Subrahmanyam Kalyanasundaram(Indian Institute of Technology), M. V. Panduranga Rao, and Thamilselvam B, "Coordinated Intelligent Traffic Light using Uppaal Stratego", in Proc. of 5th workshop on Intelligent Transportation Systems (ITS), co-located with COMSNETS, Bengaluru, India, January, 2019.	口頭発表
2018	国際学会	Mehul Sharma(Indian Institute of Technology), Suhel Magdum, Antony Franklin A, Bheemarjuna Reddy Tamma, and Digvijay S. Pawar, "VISIBLE:Application for Vehicle Visibility and Incident Reporting in Real-Time", in Proc. Of Internet Conference, Tokyo, Japan, November 2018.	ポスター発表
2019	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Time Zone Impact for Traffic Flow Analysis of Ahmedabad city in India, 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, 5/3-5, 2019	ポスター発表
2019	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Traffic Flow and Vehicular Lanes Effect Analysis in Emerging Country, 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, 5/3-5, 2019	口頭発表
2019	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Dynamic Macro Analysis for Traffic Safety Experience, World Conference on Transport Research 5/26-31, 2019	ポスター発表
2019	国際学会	Anjani Josyula, Bhaskar Anand, P. Rajalakshmi(IITH), "Fast Object Segmentation Pipeline for Point Clouds Using Robot Operating System", IEEE 5th World Forum on Internet of Things, 15-18th April, 2019,	口頭発表
2019	国際学会	Bhaskar Anand, Vivek Barsaiyan, Mrinal Senapati, P. Rajalakshmi, "Real Time LiDAR Point Cloud Compression and Transmission for Intelligent Transportation System", 1st International Workshop on Internet of Autonomous Vehicles (INAVEC) with VTC2019, 28th April - 1st May, 2019,	口頭発表
2019	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、Dynamic Macro Analysis for Traffic Safety Experience, 21st European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, 9/5-9, 2019	口頭発表
2019	国際学会	Xin Guo, Tomoya Kawasaki, Shinya Hanaoka, (東工大), "Clarification of the characteristics of Auto-rickshaw passengers in Ahmedabad", The 13th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies", 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Amala Sonny, Prabhat Kumar Rai, Abhinav Kumar, Mohammed Zafar Ali Khan(IITH), Deep Learning-Based Smart Parking Solution using Channel State Information in LTE-based Cellular Networks, 12th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), Bengaluru, India, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)、"New Traffic Congestion Analysis Method in Developing Countries (India)", 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS), 2-4 May 2020.	口頭発表

2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機), "New Traffic Congestion Analysis Method in Developing Countries (India)", 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS), 2-4 May 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機), "Traffic Congestion Analysis and Occupancy Parameter in India", International Conference on Data Analytics and Management: An Indo-European Conference (ICDAM-2020), June 18, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機), "Traffic Congestion Triangle" Based on More than One-Month Real Traffic Big Data Analysis in India, Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal ISSN:2415-6698, Vol.5 Issue 6, pp.588-593, November, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Tsutou Tsuboi(名古屋電機), "Traffic Congestion Analysis and Occupancy Parameter in India", Internationa Conference on Data Analytics & Management, June, 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機), "Case Study on The Traffic Flow in Ahmedabad (INDIA)", International Journal of Research in Engineering and Science, Volume 6 Issue 7 Ver. I , 2018 , PP. 40-45	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi, "Traffic Congestion Analysis Method by Social Loss from Big Data Traffic Flow in India", 27th ITS World Congress, Los Angeles, October 4 - 8, 2020	ポスター発表
2020	国内学会	木内康晴,川村嘉郁,坪井務i(名古屋電機), "アーメダバード市街地における交通流解析と交通特性の年次比較", 情報処理学会第82 回全国大会, pp.3-41-42	ポスター発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機)i, "Traffic congestion triangle→ based on more than one-month real traffic big data analysis in India", Advances in Science, Technology and Engineering Systems Volume 5, Issue 6, pp.588-593	口頭発表
2020	国際学会	Tstomu Tsuboi(名古屋電機), "Challenge of Traffic Flow Analysis in India by Traffic Theory", The 8th World Sustainability Forum Transport and Mobility	ポスター発表
2020	国際学会	Shounak Kundu, Maunendra Sankar Desarkar, Srijith P.K(IITH), "Traffic Forecasting with Deep Learning", 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 5-7 June 2020, Dhaka, Bangladesh	口頭発表
2020	国際学会	Tsutomu Tsuboi(名古屋電機), "Challenge of Traffic Flow Analysis in India by Traffic Theory", The 8th World Sustainable Froum 2020, 16 September 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Priyambada Ambastha, Maunendra Sankar Desarkar(IITH), "Incident Detection From Social Media Targeting Indian Traffic Scenario Using Transfer Learning", 23rd IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, IEEE ITSC 2020, Rhodes, Greece, September 20-23, 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Dinesh Singh, C. Vishnu and C. Krishna Mohan(IITH), "Real-Time Detection of Motorcyclist without Helmet using Cascade of CNNs on Edge-device", The 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, September 20-23, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Suhel Sajjan Magdum, Antony Franklin, Bheemarjuna Reddy Tamma, Digvijay S. Pawar(IITH), "SafeNav: A Cooperative V2X System using Cellular and 802.11p based Radios Opportunistically for Safe Navigation", The 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, September 20-23, 2020	口頭発表
2020	国内学会	田代大智、石坂哲宏(日本大学):VEHICLE DETECTION AND COUNTING FOR VEHICLE TYPES OF MOTORCYCLE AND AUTO RICKSHAW USING DEEP LEARNING, (公社)土木学会第75回年次学術講演会, 2020年9月	口頭発表
2020	国内学会	藤枝和津、石坂哲宏(日本大学):インド・アーメダバードの混合交通を考慮したミクロ交通シミュレーションの走行挙動設定と交差点信号制御の検討, (公社)土木学会第75回年次学術講演会, 2020年9月	口頭発表
2020	国内学会	土井悠輔, Roy DEBADITYA, 石坂哲宏, 福田 敦(日本大学):UAVによる交差点上空映像を用いた衝突危険度に関する分析, ITS Japan 第18回ITSシンポジウム2020, 2020.12	口頭発表
2020	国際学会	Bethala ADITYA, Annapureddy NAGA VAMSI KRISHNA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Atsushi FUKUDA (Nihon University),"A Study over Traveler Priority in Choosing the Mode of Transportation for Daily Commuting in Developing Countries Using the Analytic Hierarchy Process: A Case Study in Hyderabad, India",13th ATRANS Annual Conference:Young Researcher's Forum 2020, 2020.12	口頭発表
2020	国際学会	Bhaskar Anand, Vivek Barsaiyan, Mrinal Senapati and P. Rajalakshmi(IITH), "Region of Interest and Car Detection using LiDAR data for Advanced Traffic Management System," 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), New Orleans, LA, USA,pp. 1-5, 2020	口頭発表

2020	国際学会	Bhaskar Anand, Vivek Barsaiyan, Mrinal Senapati and P. Rajalakshmi(IITH), "An experimental analysis of various multi-channel LiDAR systems," 2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), Greater Noida, India, pp. 644-649, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Mrinal Senapati, Bhaskar Anand, Vivek Barsaiyan and P. Rajalakshmi(IITH), "Geo-referencing system for locating objects globally in LiDAR point cloud," 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), New Orleans, LA, USA, pp. 1-5, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Bhaskar Anand, Anuj G. Patil, Mrinal Senapati, Vivek Barsaiyan and P. Rajalakshmi(IITH), "Comparative Run Time Analysis of LiDAR Point Cloud Processing with GPU and CPU," 2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), Greater Noida, India, pp. 650-654, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Anshika Chourasia, Bheemarjuna Reddy Tamma , and Antony Franklin A.(IITH), "Wi Fi based Road Traffic Monitoring System with Channel Hopping ", COMSNETS Workshop on ITS , Virtual Conference	口頭発表
2020	国際学会	Thamilselvam B Subrahmanyam Kalyanasundaram , Panduranga Rao Marella(IITH) ,, "Scalable Coordinated Intelligent Traffic Light Controller for Heterogeneous Traffic Scenarios Using UPPAAL STRATEGO", COMSNETS 2021 , January 6-8, 2021	口頭発表
2020	国内学会	関弘翔, 泉隆, 細野裕行(日本大学), CNNを用いた車両検出に基づく交通量計測に関する研究, 電気学会 ITS/交通・電気鉄道合同研究会, ITS-20-027, TER-20-082, 2020年11月	口頭発表
2020	国内学会	近藤正教, 西脇大輔(日本大学); オクルージョンを含む車両検出の高精度化に関する検討, 電子情報通信学会, 2021総合大会, ISS-P-027 (2021.3).	ポスター発表
2020	国内学会	西脇大輔, 関弘翔, 細野裕行(日本大学); 交通関連の画像認識AI活用, 日本大学人工知能ソサイエティ主催日本大学学部連携研究推進シンポジウム, スポットライト講演 5 (2021.3.6)	招待講演

招待講演	1	件
口頭発表	39	件
ポスター発表	13	件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2017	2017/11/6	Best Ph.D Paper	Modeling Crossing Behavior of Drivers and Pedestrians at Uncontrolled Intersections and Mid-block Crossings	Pawar.D	CODATU	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2019	2019/5/29	Indian Education dairy (online)	IIT-H Launcges intergrated database on infra projects		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/29	UNI (online (online)	Indo-Japant joint research programme on severe traffic congestion launched in Hyderabad		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/29	BW Education (pnlne)	IIT Hyderabad Launches 'M2Smart' Testded To Research Low-Carbon Models For Indian Transportation		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	The Times of India (online)	New app to help you pick best multi-mode ride-hailing options		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Edex (online)	IIT-Hyd launches 'M2Smart Project' testbed to develop low-carbon models for Indian Transportation		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Dainik Jagran (online)	IIT Hyderabad launched M2Smart Testbed to develop low-carbon transprot models		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Study Buzz (online)	IIT Hyderabad launces 'M2Smart' Testdeb to research low-carbon models for Indian transportation		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/31	Hans India (online)	India-Japan joint R&D project launuches at IIT		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/31	The Hindu Business Line (online)	India-Japan research Project to ease traffic congestion		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	The New Indian Express	IIT-H launches testbed for low-carbon transprotaiion		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Telangana Today	IIT-Hyderabad launches 'M2System Project'		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	The Hindu	IIT-H launches testbed for low-carbon transprotation models		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Pioneer	M-2 Smart to develop low-carbon transprotation models		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	Deccan Chronicle	IIT-H to collect traffic information		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/30	The Hindu Business Line	IIT-H Lauches integrated database on intra project		1.当課題研究の成果である	

2019	2019/5/30	The Times of India	New app to help you pick best multi-mode ride-hailing options		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/5/31	The Hindu Business Line	India-Japan research Project to ease traffic congestion		1.当課題研究の成果である	
2020	2020/3/10	2019年度開発協力白書	開発協力白書・参考資料集	2019年版 開発協力白書「日本の国際協力世界を結び、未来を紡ぐ」P100	1.当課題研究の成果である	
2020	2020/12/27	2019年度開発協力白書の英文版	開発協力白書・参考資料集	2019年版 開発協力白書「日本の国際協力世界を結び、未来を紡ぐ」P100	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	Eenadu	JICA funds Rs. 1600 crores to IIT-H for development		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/21	The Times of India	Indian, Japanese researchers work on solving traffic woes using emerging tech		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	India Education Diary	India- Japan Joint Research Program for a modal shift of urban transportation towards a low carbon society through scientific traffic analysis		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	AP7AM	India- Japan Joint Research Program with IIT-Hyderabad		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	Apple Times	Indian, Japanese researchers work on fixing site visitors woes utilizing rising tech		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	Indd News	Indian, Japanese researchers work on solving traffic woes using emerging tech		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	News Rush	Indian, Japanese researchers work on solving traffic woes using emerging tech		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	Truth Drive	Indian and Japanese Researchers Work to Solve Traffic Problems Using Emerging Technology		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	UR All News	Indian, Japanese researchers work on solving traffic woes using emerging tech		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	India Education Dialy	ICA celebrates the third International Day of Education 2021		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	IPM News	ICA celebrates the third International Day of Education 2021		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/22	Konexio Network	ICA celebrates the third International Day of Education 2021		1.当課題研究の成果である	

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2017	2018/1/29	M2Smart公開ワークショップ	東京(日本)	59名(6名)	公開	外部有識者(アドバイザー)を招待し、本プロジェクトの研究内容、進捗等に関してアドバイスを頂きつつ、一般参加者を含めて議論を行った。
2018	2019/6/6	Massive Earth Summit	Delhi(インド)	290	公開	インド環境団体主催によるインド課題解決に向けたサミットに日本代表として研究代表が招待出席し、プログラム紹介を行った。
2018	2019/7/9	アーメダバードワークショップ	Amedabad(インド)	18(6)	非公開	インド交通関係行政(AMC, 交通警察、BRT、メトロ)を交えたプログラムに関する意見情報館の実施。
2020	2020/1/29	アーメダバードワークショップ	Amedabad(インド)	23(11)	非公開	JST中間評価現地視察を兼ねて実施したワークショップ。メトロ、PcWkonnsaru、JETRO、BRT会社関連の参加。IITH教員も3名の参加。

4 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2017/6/5-7	研究機関合同会議	19名	年会会合とした全研究機関合同会議(首都高速管制センター現場見学含む)、研究内容紹介および情報の共有の実施。
2017	2017/8/24	第1回JCC	16名	プログラム全体の方向性の確認とこれまでの双方の現地調査活動を含めた内容の紹介を実施し、PDM/POの修正と確認を行った。
2018	2018/6/15	第2回JCC	25名	プログラム全体の方向性の確認を実施。各グループにおけるメンバーの見直しと各グループのリーダーを決定した。研究機材項目の確認と調達状況の確認を行った。さらに機材移管責任を明確化した。
2019	2019/4/5	第3回JCC	24名	プログラム全体の方向性の確認を実施。各グループの活動において一体管理を行うべく、今回から日印それぞれから各研究グループにリーダー、Coリーダーを任命し、研究グループ内の相互情報交換を密に行える体制を確立した。
2019	2019/10/17	第4回JCC	18名	プログラム各グループの進捗の確認と今後の計画の設定確認を行った。IITHテストベッドにて追加項目が発生し、対応としてリサーチアシスタントおよび今後の出張計画等の見直しにより、予算範囲にて対応する計画を確定した。今回はIITH新学長を迎えての会議となり、プログラムディレクターに新学長、前学長はプログラムなメージャーとして継続支援頂くことを確認した。
2020	2020/1/27	現地中間評価研究報告会	23名	現地中間評価研究報告会をIITHにて実施した。これまでの研究成果を各グループ単位にて成果報告を行った。
2021	2021/1/21	第5回JCC	63名	プログラム各グループの進捗の確認と今後の計画の設定確認を行った。今回はコロナ禍により活動制約を受ける中でも、各グループごとで進める研究内容の情報高級をオンラインで実施した。オンライン実施により、IITHの本プログラムに参加する学生・院生を含めて行えたことにより多くの出席が得られるとともに、今後の活動計画の確認を行った。

7 件

JST成果目標シート

研究課題名	マルチモーダル地域交通状況センシングとビッグデータ解析に基づくエネルギー低炭素社会実現を目指した新興国におけるスマートシティの構築
研究代表者 (所属機関)	坪井 務 (名古屋電機工業)
研究期間	H28採択(平成29年4月1日 ～令和4年3月31日)
相手国／主要 相手国研究機 関	インド国／インド工科大学 (ハイデラバード校)

付属的成果

日本政府、 社会、産業 への貢献	・低炭素の都市・地域づくり(スマートモビリティ)の実現 ・日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	・地域ITSと適応信号制御によるインド国(新興国)に最適な交通管理システムの構築 ・新興国への地域最適化技術の応用
知財の確保、 国際標準化の 推進、生物資 源へのアクセ ス等	・地域最適化適応信号制御方式 ・交通量評価用センシング技術 ・信号機、制御機器 ・地域インフラ道路情報へのアクセス
世界で活躍で きる日本人材 の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議での指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的 にネットワーク の構築	・日本企業によるインド地元企業との協働ビジネスの確立(Make in India & Made in Indiaの実現) ・アーメダバード市行政との連携を足掛かりに、他都市への展開を目指す
成果物(提言 書、論文、プロ グラム、データ など)	・交通量に応じた適応信号システム(アルゴリズム、試作、実証、提言) ・交通システムと情報ネットワークの連携(実証、提言) ・インドの渋滞ニズムの解明(データ、論文) ・プローブ応用技術(実証、論文)

上位目標

インドでのスマートモビリティの仕組みを他の同様な交通渋滞問題で悩む新興国にも紹介し、日本企業のインドを含む連携を強化することで、新興国での国際事業への展開の足掛かりとする。

アーメダバード市での地域交通最適化検討したハンドブックによるスマートモビリティの仕組みの展開として、その規模をインド全体に拡張することでインドスマートシティ施策への支援とする。

プロジェクト目標

マルチモーダル交通渋滞による環境破壊・経済損失・社会損失への対策として、交通情報の可視化とICTの活用によるマルチモーダルシフトを都市レベル(アーメダバード市)で検証し、地域交通システムの交通部門での低炭素化改善目標10-15%@2030年を目指せるスマートモビリティのハンドブックの作成とその推進に向けた持続可能な取り組み展開への仕組みを構築する。

