

アフリカ地域ITS(高度道路交通システム) に係る情報収集・確認調査

最終報告書

要 約

2021年3月

**独立行政法人
国際協力機構（JICA）**

**株式会社 パ デ コ
株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル**

アフ
JR
21-007

アフリカ地域ITS(高度道路交通システム) に係る情報収集・確認調査

最終報告書

要 約

2021年3月

**独立行政法人
国際協力機構（JICA）**

**株式会社 パ デ コ
株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル**

目 次

略語等

ページ

1 調査の概要	
1.1 背景.....	1
1.2 目的.....	1
1.3 調査体制.....	1
1.4 調査期間.....	1
1.5 調査対象都市及び訪問先等.....	2
2 本報告書（要約）の内容	
2.1 調査の方法と報告書の内容.....	3
2.2 調査結果、課題、提案事業の概要.....	3
3 各調査対象都市の状況	
3.1 モンバサの現状.....	6
3.2 アクラの現状.....	9
3.3 クマシの概要.....	13
3.4 ダルエスサラームの概要.....	17
3.5 ドドマの概要.....	22
4 交通管制システムに係るプロジェクト形成の概要	
4.1 交通信号の系統制御方式の比較.....	26
4.2 対象 5 都市における信号整備状況と整備方針.....	27
5 提案プロジェクトの概要	
5.1 モンバサにおける提案プロジェクト.....	29
5.2 ア克拉における提案プロジェクト.....	31
5.3 クマシにおける提案プロジェクト.....	33
5.4 ダルエスサラームにおける提案プロジェクト.....	34
5.5 ドドマにおける提案プロジェクト.....	37
6 アフリカ地域における ITS 案件検討及び実施の課題	
6.1 まとめ.....	39
6.2 案件検討及び実施の課題.....	40
6.3 その他知見.....	41

表目次

表 2.1	調査対象 5 都市の交通計画・ITS の現状、課題分析、提案事業の概要	4
表 4.1	主な交通信号の系統制御方式の比較	27
表 5.1	モンバサにおけるプロジェクト案（短期）	30
表 5.2	モンバサにおけるプロジェクト案（中長期）	30
表 5.3	モンバサにおけるプロジェクト実施体制案	30
表 5.4	ア克拉におけるプロジェクト案（短期）	31
表 5.5	ア克拉におけるプロジェクト案（中長期）	32
表 5.6	クマシにおけるプロジェクト案（短期）	33
表 5.7	クマシにおけるプロジェクト案（中長期）	33
表 5.8	クマシにおけるプロジェクト実施体制案	34
表 5.9	ダルエスサラームにおけるプロジェクト案（短期）	35
表 5.10	ダルエスサラームにおけるプロジェクト案（中長期）	35
表 5.11	ドドマにおけるプロジェクト案（短期）	37

図目次

図 3.1	モンバサ島内の道路網計画の提案	6
図 3.2	HAPPY HOUR 運用のための標識	7
図 3.3	モンバサ市における CCTV カメラによる交通状況のリモートモニタリングシステム	7
図 3.4	E-PARKING の日徴収額報告	8
図 3.5	提案された BRT ルート	10
図 3.6	系統制御の信号導入が推奨されたルート	10
図 3.7	DUR の交通管制センター	11
図 3.8	高品質バスサービスに導入予定の FMS の画面表示例	11
図 3.9	過積載車両の管理状況	12
図 3.10	クマシ都市圏の空間開発フレームワーク	14
図 3.11	調査当時及び将来の交通配分結果	14
図 3.12	BRT 及び高容量バスルートの計画（一部調査団で加筆）	15
図 3.13	クマシ都市圏における既存の交通信号の位置	16
図 3.14	革新的な信号導入ラウンドアバウトのレイアウト及び工事中の状況	16
図 3.15	都市交通マスターplanのコンセプト（長期ビジョン）	18
図 3.16	2025 年までの実施が提案されているプロジェクト	18
図 3.17	動的信号最適化及び公共交通優先制御	19
図 3.18	ダルエスサラーム都市圏における BRT 運用状況	20
図 3.19	LATRA が運用する長距離バスリモートモニタリングセンター	20
図 3.20	TARURA がムワンザで導入した駐車管理システム運用状況	21
図 3.21	提案された交通システムの計画	23

図 3.22	ドドマ市における 3 つの環状道路計画と関連する主要開発計画.....	24
図 3.23	内環状道路の開発コンセプトとその修正.....	24
図 3.24	ドドマにおける交通信号の運用状況.....	25
図 4.1	日本における現状の系統制御の信号システムの模式図.....	27
図 4.2	モンバサ、クマシ、ドドマにおける系統制御の信号システムのモデル.....	28
図 4.3	ダルエスサラームにおける系統制御の信号システム導入のモデル.....	28
図 4.4	アクラにおける系統制御の信号システム導入のモデル.....	29
図 5.1	検討対象の交差点と回廊	31
図 5.2	フィリピンにおける日本の V2X デモンストレーションの例	32
図 5.3	クマシ都市圏における系統制御の信号整備の対象ルート案.....	34
図 5.4	提案プロジェクトのバックグラウンドとなる ITS 戦略計画.....	36
図 5.5	提案プロジェクトの交差点位置図と計画されている内環状道路との関係	38
図 5.6	ダルエスサラーム回廊の系統制御の信号システム案と中央環状道路との関係	38
図 5.7	ダルエスサラーム回廊と計画されている外環状道路との関係	39

略語等

(1) 交通及び情報通信関係の略語

AMP	Anonymous MAC address Probe Sensor の略。AMP 調査とは、通信機器に割り当てられた固有の MAC アドレスを匿名化して機器が発する Probe Request を複数個所に設置した WiFi パケットセンターで受信することで、人や車両の動きを把握すること。
BRT	Bus Rapid Transit (バス高速輸送システム) の略で、道路上の専用レーンや専用道路を走るバスのこと。
CBD	Central Business District (中心業務地区) の略
CCTV	closed-circuit television (閉回路テレビ) : ケーブルで結ばれたカメラとテレビ間だけの閉じた回路のテレビ。「CCTV カメラ」は閉回路テレビ用のカメラを意味する。
CDR	Call Detail Record (呼詳細レコード) の略
FMS	Fleet Management System の略。業務利用する車両の現在地、走行履歴 (スピード等) 、車両情報や燃料消費等の管理ができるサービスのこと。
ICT	Information and Communication Technology (情報通信技術) の略
I/F	Interface の略
ITS	Intelligent Transport Systems (高度道路交通システム) : 人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策など、様々な課題を解決するための一連のシステムの総称名。
V2X	Vehicle-to-Vehicle (車車間) 、Vehicle-to-Infrastructure (車両とインフラ間) 、Vehicle-to-Pedestrian (車両と歩行者間) 等、車両とあらゆるもの (Vehicle-to-everything) の間の通信のこと。V2X は、交通安全、交通の効率化、エネルギー節約等に寄与すると考えられている。

(2) 組織関係の略称

ケニア共和国	
CGM	County Government of Mombasa
DTIPW	Department of Transport Infrastructure and Public Works
DTI	Department of Traffic Inspectorate
KeNHA	Kenya National Highway Authority
KURA	Kenya Urban Roads Authority
KPS	Kenya Police Service
NTSA	National Transport and Safety Authority
TUM	Technical University of Mombasa
CA	Communications Authority of Kenya
UoN	University of Nairobi
NCG	Nairobi County Government
ガーナ共和国	
MRH	Ministry of Roads and Highways
DUR	Department of Urban Roads
GHA	Ghana Highway Authority
GRF	Ghana Road Fund
MOT	Ministry of Transport
DVLA	Driver and Vehicle Licensing Authority
NRSA	National Road Safety Authority

GPS	Ghana Police Service
MTTD	Motor Traffic & Transport Department
NCA	National Communications Authority
AMA	Accra Metropolitan Assembly
KMA	Kumasi Metropolitan Assembly
KNUST	Kwame Nkrumah University of Science and Technology
GAPTE	Greater Accra Passenger Transport Executive
MMT	Metro Mass Transit Company Limited
AFD	Agence Française de Développement
タンザニア連合共和国	
MoWTC	Ministry of Works, Transport and Communications (2020年12月に改編)
MOWT	Ministry of Works and Transport (2020年12月に新設)
MOCIT	Ministry of Communication and Information Technology (2020年12月に新設)
DART	Dar Rapid Transit Agency
UDART	UDA Rapid Transit Public Limited Company
LATRA	Land Transport Regulatory Authority
TANROADS	Tanzania National Roads Agency
TARURA	Tanzania Rural and Urban Road Agency
PO-RALG	President's Office, Regional Administration and Local Government
DCC	Dodoma City Council
RFB	Roads Fund Board
TPF	Tanzania Police Force
TRC	Tanzania Railway Corporation
TRA	Tanzania Revenue Authority
TCRA	Tanzania Communications Regulatory Authority
TABOA	Tanzania Bus Owners Association
DIT	Dar es Salaam Institute of Technology

(関連組織名は、本最終報告書（要約）内で扱われていない組織を含む)

1 調査の概要

1.1 背景

開発途上国においては、急速な経済成長に伴う都市への人口集中やモータリゼーションの進展に対して、インフラ整備が追い付いておらず、慢性的な交通渋滞の発生等、交通問題が顕在化している。このような交通問題の改善や、道路管理の効率化・高度化への取り組みの一つとして、高度道路交通システム（Intelligent Transport Systems、以下「ITS」という）が活用されているが、導入状況は各国様々である。関連技術の発展にともない ITS 技術は多種多様となり、現地の交通管理・管制状況、ITS 関連技術状況等、各国・各都市の交通問題の改善に適合する技術の分析を行ったうえで、適切な技術を導入することが必要である。また ITS 技術の導入基盤となる通信設備の整備状況の変化も著しい。今回の調査対象地域として以下に示す国・都市では、交通渋滞が深刻であり ITS 導入へのニーズが高いと考えられ、ITS 技術の活用可能性について情報を収集し、ニーズを整理する。

1.2 目的

本調査の目的は以下の 3 点である。

- (1) 現状調査：調査対象国・都市における ITS に係る導入・活用状況の確認を行う。
- (2) 導入技術の提案：対象国において導入されるべき ITS 技術について提案を行う。
- (3) 我が国の協力可能性検討：我が国の協力（有償及び無償資金協力、技術協力）の可能性について検討する。

1.3 調査体制

調査体制は以下のとおりである。

担当分野	氏名	所属
業務主任者／都市交通計画	中川 義也	(株) パデコ
ITS 計画・技術／情報通信 2	栗田 博昭	(株) オリエンタルコンサルタンツグローバル
情報通信 1	佐藤 哲也	(株) オリエンタルコンサルタンツグローバル（補強） ((株) 交通総合研究所)

1.4 調査期間

- 第一次国内作業： 2019 年 11 月～2019 年 12 月
- 第一次現地調査： 2020 年 1 月～2020 年 3 月
- 第二次国内作業： 2020 年 3 月～2021 年 3 月

第一次現地調査は、新型コロナウィルスの影響により、予定より 10 日早く帰国した。その後、第二次現地調査の実施時期を検討したが、最終的に断念し、現地業務を国内業務に振替えて実施した。またガーナ国については、クマシ市を追加して、交通分野の有識者を特殊傭人として雇用し、現地調査を実施した。

1.5 調査対象都市及び訪問先等

以下の表に調査対象 5 都市、その関係機関・訪問先、その主な役割を示す。以下の報告書内では、ここに示した略称を用いた。なお、クマシ市は、現地傭人による調査のため、調査に協力して頂いた主要機関を示す。

(1) ケニア共和国 モンバサ市

組織名（略称）	主な役割
County Government of Mombasa (CGM)	交通、インフラ、公共事業の計画策定、案件実施
	交通管理
	CGM への ICT 基盤提供
Kenya National Highway Authority (KeNHA)	国道建設、維持管理
Kenya Urban Roads Authority (KURA)	都市道路建設、維持管理
Kenya Police Service (KPS)	交通管理（取締り）
National Transport and Safety Authority (NTSA)	交通規制（交通安全、運転免許等）
Technical University of Mombasa (TUM)	人材育成、研究開発、データ分析
Communications Authority of Kenya (CA)	通信規制（事業免許、周波数割当等）
Nairobi County Government (NCG)	ナイロビ市の道路計画、管理
University of Nairobi (UoN)	人材育成、研究開発、データ分析

出典：JICA 調査団

(2) ガーナ共和国 アクラ市及びクマシ市

組織名（略称）	主な役割
Ministry of Roads and Highways (MRH)	道路関連施策策定
Department of Urban Roads (DUR)	都市内道路及び関連施設の計画、建設、維持管理
Ghana Highway Authority (GHA)	幹線道路及び関連施設の計画、建設、維持管理
Ghana Road Fund (GRF)	道路及び附帯構造物の維持管理財源
Ministry of Transport (MOT)	運輸交通関連施策策定
Driver and Vehicle Licensing Authority (DVLA)	運転免許、車検、車両登録等
National Road Safety Authority (NRSA)	交通安全
Greater Accra Passenger Transport Executive (GAPTE)	BRT（実際には高品質バス）の運行
Metro Mass Transit Company Limited (MMT)	公共交通運行（アクラ市内、都市間）
Ghana Police Service/ Motor Traffic & Transport Department (GPS/ MTTD)	交通管理（取締り）
Accra Metropolitan Assembly (AMA)	交通管理（駐車場、公共交通認可等）
Kumasi Metropolitan Assembly (KMA)	交通管理（駐車場、公共交通認可等）
Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST)	人材育成、研究開発、データ分析
その他民間企業	駐車場管理システム構築等

出典：JICA 調査団

(3) タンザニア連合共和国 ダルエスサラーム市及びドドマ市

組織名（略称）	主な役割
Ministry of Works, Transport and Communications (MoWTC)	公共事業関連施策策定、運輸交通関連施策策定、通信関連施策策定
Tanzania National Roads Agency (TANROADS)	幹線道路及び関連施設の計画、建設、維持管理

組織名（略称）	主な役割
Tanzania Rural and Urban Road Agency (TARURA)	幹線道路以外の道路及び関連施設の計画、建設、維持管理及び駐車管理
President's Office, Regional Administration and Local Government (PO-RALG)	地方自治制度の監理 (TARURA、DART の監督機関)
Roads Fund Board (RFB)	道路及び附帯構造物の維持管理財源
Land Transport Regulatory Authority (LATRA)	陸上運送業のライセンス発行、監督機関、長距離バスの監視、取締り
Dar Rapid Transit Agency (DART)	BRT 管理機関
Tanzania Police Force (TPF)	交通管理（取締り）
Tanzania Communications Regulatory Authority (TCRA)	通信規制機関
Tanzania Revenue Authority (TRA)	車両登録、運転免許発行、広告収入等
Dar es Salaam City Council (DCC)	旅客交通の責任機関
Tanzania Bus Owners Association (TABOA)	バス事業者協会
Tanzania Railway Corporation (TRC)	鉄道事業の責任機関
Dar es Salaam Institute of Technology (DIT)	人材育成、研究開発、データ分析
その他民間企業	駐車管理システム構築、運用 長距離バスモニタリングデバイス提供及びデータ収集・提供サービス

出典：JICA 調査団

2 本報告書（要約）の内容

2.1 調査の方法と報告書の内容

調査対象 5 都市における交通計画・ITS の現状を、業務指示書における「ITS 整備計画に関する情報収集・分析」に示された視点に沿って情報収集した。情報収集は、文献調査、及び、現地における聞き取り調査等で対応した。現状を分析し、各対象都市における交通計画や ITS 需要（系統信号整備や高度交通管制システムの導入）に関連する課題を示した。この結果は 3 章に示した。ファイナルレポート（英文）では 2~4 章が該当する。調査において、他国にも紹介すべき先進的な事例をベストプラクティス事業として 9 つ選別した。本報告書でも簡単に示したが、詳細はファイナルレポートを参照して頂きたい。

4 章では、我が国及び諸外国で導入されている ITS（系統信号制御技術）を参照し、本邦技術の特長を示した後、対象都市において ITS による交通管制を導入する場合の整備モデル、導入可能な本邦技術を示した。同様にファイナルレポート（英文）では 5 章が該当する。

5 章では各都市における提案事業の概要をまとめた。特に、モンバサの事業提案は具体案の形成が求められたため、他都市よりも具体的な提案となっている。ファイナルレポート（英文）では 6~9 章に該当する。

最後の 6 章では、ITS 事業提案において共通して検討すべき課題を示した。同様にファイナルレポート（英文）では 10 章および 5 章の一部が該当する。

2.2 調査結果、課題、提案事業の概要

対象 5 都市の調査結果、課題（本報告書 3 章に該当）および提案事業（同 5 章に該当）について概要として一覧表にまとめたものを次ページに示す。

表 2.1 調査対象 5 都市の交通計画・ITS の現状、課題分析、提案事業の概要

交通計画関連	モンペサ	ア克拉	クマシ	ダルエスサラーム	ドドマ
①既存都市計画・交通計画のレビュー	既往 JICA M/P (交通計画)、Vision 2035 (都市計画)。2 大橋梁プロジェクトと都市交通管理との重要性について明示 (交通流入)。	WB/UTP の影響 (BRT 導入経緯)。KOICA 調査、軌道系計画など。	JICA クマシ都市圏総合開発計画 (2013 年 3 月) の交通分野計画など。	JICA M/P、JICA 交差点改良・MRT 調査、DART の ITS 調査。特にネルソン・マンデラ道路内側のエリアを交通管理対象と明示。	JICA 内環状道路計画 (2019)、ドドマ市の M/P (2020) をレビュー。
②道路整備・交通・交通規制状況	SGR、南部 BP、CFS の影響。KeNHA の拡幅事業、MGB・ニアリ第二橋の動き、一方通行規制。	BRT 導入に伴う一方通行規制など。	外環状道路計画は未実施。BRT 導入計画の確認。内環状道路内の一方向規制。	BRT 導入 (Phase 2 の進行状況)、無償による道路拡幅、橋梁案件 (2 つ)。	外環状の契約 (AIDB)、内環状道路の設計状況 (TANROADS)。
③交通量に関する情報	コンテナの SGR シフトによる影響大、市内渋滞が最小化の状態。	KOICA 調査を参考した。	JICA M/P を参考した。	JICA M/P および DART プレゼンから 2018~19 年の交通量調査を参照。	外環状が通過交通は排除可能。一方、一般車は増える見込み。
④交通関連事業の実施状況	マストラ・BRT 計画 (JICA M/P、ITDP)、一方通行規制の展開。	Quality Bus Service (高品質バス) の実施状況 (専用レーン、AFC) を確認した。	BRT パイロット運行実施中。	BRT Phase 1 導入と運用状況 (AFC、VMS など)。	バスターミナルの設置など。
ITS 関連	モンペサ	ア克拉	クマシ	ダルエスサラーム	ドドマ
⑤信号機の設置・管理	現状の信号は固定長運用であり、また、77 交差点では警察官による運用。	Amasaman 道路での系統制御、簡易 PIPS の導入、今後の横展開可能性 (中国支援の可能性あり)。	現状の信号は、全て個別制御である。ラウンドアバウトを直進出来るようにした信号導入や信号制御機の独自設計等の取組みあり。	BRT Phase 1 における信号設置 (系統ではない、固定長 + Offset の設定)、TANRODS による整備を確認した。	市内信号運用 2 箇所の状況。
⑥各種通信インフラ	市が独自ケーブル、サーバなど設置している。WiMAX 等も導入されている。	4G が 2016 年に展開したばかりである。データセンター活用、支払いインフラもある。	独自の通信インフラの構築は無い模様。	政府系の TTCL 社ケーブル・通信サービスの活用を目指してシステムを構築している。	ドドマ市 M/P からケーブル設置状況などを把握済み。
⑦交通監視システム	CCTV 市内 90箇所の運用、E-parking の運用。	AMA による駐車管理システム。	特に運用無し。	Weighbridge の CCTV による監視。	特になし。
⑧交通情報提供システム	現状無し。	特に運用無し。	特に運用無し。	DART 社が ITS 調査で提案。	特になし。
⑨公共交通運行管理システム	現状無し。	GAPTE の FMS 導入、MMT の AFC や貨物輸送への展開を確認した。	特に運用無し。	LATRA 都市間バスの監視システムと交通事故事故減少効果、他国への横展開の可能性。	特になし。
⑩携帯電話位置情報の交通管理への活用	参考: ナイロビでの AMP 調査。	特になし。	特になし。	特になし。	特になし。

⑪その他ITS/ICT	マタツへの新サービス(SWVL等交通系スタートアップの存在)。	過積載取締、車両登録のシスティム化、警察のデータベース計画等がある。ETC導入等を確認した。	TARURA: Mwanzaでの駐車管理・料金收受。 GePG、DROMAS、RAISなど好例多い。	←左に同様。
⑫ITSに関する行政・法制度	ITS関連既存組織(道路系、監視系、ICT系)の連携によるプロジェクト実施体制を確認した。 CGM内の予算/財源など(特に広告予算・駐車収入)が持続性を担保している。	アクラ自治体の分割・細分化による交通管理行政能力の低下。 全国組織の道路主体(DUR)が都市道路を管理している状況。	DURとGHAがそれぞれ信号機を同一幹線道路に設置しているが、将来のシステム運用に向けて、連携に問題はないとの見解。	DART社/DSM市がITS調査で包括的な提案をしている。TANROADS、DART、Policeは協調して信号の系統制御を実施できる見込み。
課題、事業方向性	モンバサ	アクラ	クマシ	ダルエスサラーム ドドマ
課題分析など	2つの橋梁案件が計画されているなど、都市内への今後の交通集中が想定されており、信号による交通管理需要・通過交通処理の必要性は明らか。 また、モンバサ郡自体の交通管理への積極的な関与(一方通行規制の実施)は評価出来る。 歩行者混雑域では歩行者対応が必要。 通信ケーブルの切不断事故や既往管理状況の悪さなどの課題がある。 無線は日本側対応の課題があり、Pro-Conを示しながら案件形成が必要。	4つのアクラ主要回廊のうち、3つは系統信号未整備。中国の支援で約270箇所の交差点に信号機が導入される予定はあるが、遅れている。この案件実施後に、既存系統制御と統合されるかは不明。 将来の統合に関して、日本側事業者の一部は技術的に可能と言うが、チャレンジングな事業となる。 一方、既往交差点の整備状況が良好なので、土木のポーションが少ないのはメリットである。	内環状道路と放射状の主要幹線道路の交差する箇所におけるフライオーバー建設には時間をする見込み。 その間、BRT導入、信号の系統制御の必要性があると関係者は認識している。 フワンドアバウトの一部を改良して、直進出来るようにした信号ラウンドアバウトがあり、系統制御の信号を導入する際は、この扱いを調査する必要がある。	M/Pにより、ネルソン・マンデラ道路内側の交通管理実現(2025年まで)が示されている。DARTのITS調査でも系統信号・PTPS・VMS需要が明示されている。 BRT事業進行にあわせた系統信号導入案件の形成が必要。
事業提案	橋梁に接続する主要経路での、都市部(歩行者域)への流入を防ぐような系統処理の提案と一方通行規制を補助するような、先進的な表示板の整備(リバーシブルレーン、VMS整備)を提案。	交通安全に資するV2Xハックの実験事業。 中国支援の信号プロジェクト実施後の制御システムの統合的運用への支援は提案できるものの、実質的には難しい。	主要幹線道路への系統制御の信号導入。 クマシにおける交通問題改善のためのステータクホルダー間連携強化の技プロ。	BRT回廊上の系統信号導入、VMS、PTPS等を含む。 市内20箇所、3系統の信号導入。 その他10箇所程度の單型交差点制御の提案。

注) 太字は、ファイナルレポートでベストプラクティス(他国にも紹介すべき先進的な事例)として評価したものである。

出典: JICA 調査団

3 各調査対象都市の状況

3.1 モンバサの現状

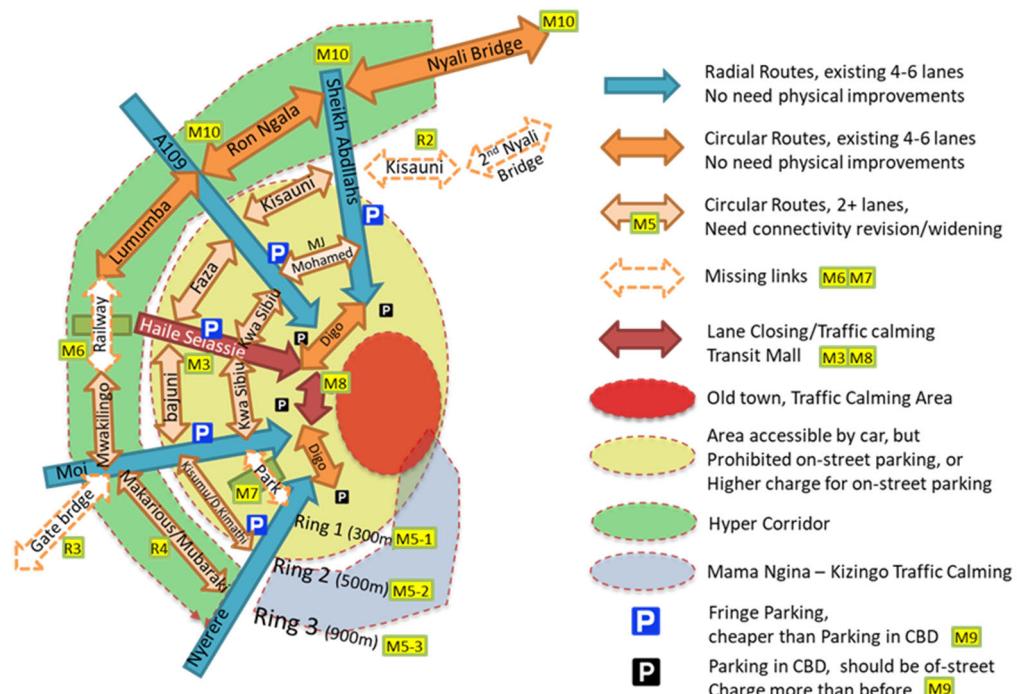
(1) 都市開発計画および交通計画の概要

1) 上位計画

モンバサ郡の都市計画には、大きく分けて2つのマスタープランがある。1つは、2015年に世銀が支援した統合戦略都市開発計画（ISUDP）で、プロジェクトを通じてCGMとケニア国住宅都市開発省が作成したモンバサのための「ビジョン2035」である。主に土地利用パターンの提案を中心に、交通利用計画、ユーティリティ計画、社会施設計画などの提案を中心とした、所謂「空間計画」である。

もう一つのマスタープランは、2018年にJICAの支援により、CGMとJICA調査団とが作成した「モンバサゲートシティ総合都市開発マスタープラン」で、全面的な陸上・地域交通・交通課題、貨物交通管理のための実践的な分析、需要分析、2040年に向けた道路ネットワークや交通サービスの提案などを網羅している。

図3.1は、総合都市開発M/Pで検討されたモンバサ島の道路網計画に沿って、交通管理方針に沿った島内三大環状回廊整備の考え方を説明したものである。既存の放射状ルートであるシェイク・アブドゥラ、A109、モイ、ニエレレ（青色の矢印）は整備されているが、環状道路としての機能は乏しい。3つの環状道路を組み合わせることで、通過交通を適切に迂回させることができる。この構想を実現するためには、ミッシングリンク（M6、M7）への対応が重要である。同時にフリンジパーキング政策（M9）とDigo道路（M8）の車線閉鎖を実施する必要がある。



出典：モンバサゲートシティ総合都市開発マスタープラン

図3.1 モンバサ島内の道路網計画の提案

2) 交通管理の現状

CGMは、朝夕の交通量がピークとなる時間帯に、一方通行規制による渋滞緩和策を以下の区間で実施している。これは、現地では、「ハッピーアワー」と呼ばれている。図3.2にその標識例を示す。

- i) Railway Lumumba-Mijikenda Road（約800メートル区間）を夕方4～6時
- ii) Kisauni Road（500メートル区間）を夕方4～6時
- iii) Nyali Road/Links（3.5km）を朝5～10時と夕方4～9時の間



出典：JICA調査団

図3.2 Happy Hour運用のための標識

これらの方通行規制は2016年に開始され、数回の時間帯等の修正を経て継続されている。これはCGM Department of Transport Infrastructure and Public Works (DTIPW、交通インフラ・公共事業局)によって計画され、国家交通警察の支援の下、CGMの交通検査局によって実施されている。

また、CGMは2020年3月以降、マクパ橋、ニアリ橋に挟まれたモンバサ島内の道路区間に、交通需要に合わせて可逆車線を設定し、運用していたが、コロナの影響もあり中断した。

(2) ITS/ICT活用の概要

1) CCTVカメラによる交通状況のリモートモニタリング

CGM DTIPWは2019年6月から、15の交差点とラウンドアバウトに90台のCCTVカメラを設置し、交通状況のリモートモニタリングを行っている。DTIPWはDepartment of Traffic Inspectorate (DTI、交通監視局)の施設内にメインのモニタリングルームを整備した。CCTVの運用はDTIの監視チームがSNS(WhatsApp)やトランシーバーを通じて現場の交通監視員と連携しながら管理している。モニタリングルームの監視員は4人でチームを組み、2交代制で、計8人おり、12時間ごとに交替して運用している。



CCTVカメラによるリモートモニタリング状況

出典：JICA調査団



現場との連絡用WhatsAppとトランシーバー

図3.3 モンバサ市におけるCCTVカメラによる交通状況のリモートモニタリングシステム

2) 駐車料金徴収システム

CGM DTI は 2019 年 3 月より、駐車場料金のキャッシュレス徴収を開始した。CGM は駐車場台数に基づき、1 日 120 万 KES の徴収を見込んでいるが、現金で徴収していた際は、1 日の平均徴収額は約 40 万 KES であった。このキャッシュレスでの徴収導入後、徴収額をリアルタイムでモニタリングできるようになり、1 日の徴収額は 85 万～100 万 KES に達しているとのことである。システム導入後、CGM は、駐車場収入を重要な財源と認識するようになった。



COUNTY GOVERNMENT OF MOMBASA SUMMARY DAILY ZONAL COLLECTION REPORT - EPARKING								
Date Of Report:	10/01/2020							
Time:	4.00PM							
Date	Type	CBD	Nyali	Shimanzi	Changamwe	Likoni	Kisauni	Grand Total (KSh)
10-Jan-20	Parking	423,000.00	18,400.00	127,100.00	97,400.00	6,100.00	5,000.00	677,000.00
	Clamping	119,500.00	10,300.00	10,600.00	69,800.00	5,300.00	0.00	215,500.00
	Totals	542,500.00	28,700.00	137,700.00	167,200.00	11,400.00	5,000.00	892,500.00

COUNTY GOVERNMENT OF MOMBASA SUMMARY DAILY ZONAL COLLECTION REPORT - EPARKING								
Date Of Report:	13/1/2020							
Time:	10.00AM							
Date	Type	CBD	Nyali	Shimanzi	Changamwe	Likoni	Kisauni	Grand Total (KSh)
13-Jan-20	Parking	253,800.00	13,700.00	107,600.00	67,900.00	3,200.00	4,500.00	450,700.00
	Clamping	15,000.00	0.00	5,000.00	0.00	0.00	5,300.00	25,300.00
	Totals	268,800.00	13,700.00	112,600.00	67,900.00	3,200.00	9,800.00	476,000.00

出典：JICA 調査団

図 3.4 E-Parking の日徴収額報告

(3) 課題

モンバサで ITS プロジェクトを実施する場合、以下のような課題や特徴を考慮する必要がある。

橋梁建設計画（モンバサゲートブリッジ、ニアリ第 2 橋）

モンバサ島と大陸とを結ぶ 2 つの橋梁建設プロジェクトが予定されており、これにより交通集中は緩和されると期待されている。ゲートブリッジの接続地点からニアリ橋の間では、激しい渋滞が発生しており、橋梁建設前に、適切な交通管理が必要となっている。

交通管理に関する課題

- CGM は一方通行規制を含む交通管理施策を主導してきたが、現状の予算と技術力では、先進的な交通管制システムを実現することは、困難である。
- Mwenbe-Tayari 周辺は、路上が実質的な長距離バスターミナルとなっており、Matatu も集中し、路上の客待ち車両滞留が多い。そのため、これらのサービス事業者を適切に規制しない限り、この周辺に信号を導入しても効果は期待できない。
- ニアリ地区の Links 道路では、交通監視員による監視のもとで、可逆車線を含む一方通行規制が導入されているが、例えば CCTV カメラと走行可能方向を示す可変表示板との組み合わせによる一方通行の実現等、より先進的な方法も考えられる。

通信インフラについて

CCTV カメラによるリモートモニタリングは、これを実現している光ファイバケーブルが、道路工事に伴う切断事故のため、1カ月以上復旧しなかったことがあった。そのため、信号導入前の調査において、より適切な通信方式の検討、もしくは維持管理体制の検討が重要となる。

3.2 アクラの現状

(1) 交通計画及び実施済み事業の概要

1) 世銀の Urban Transport Project について

世銀の支援により、2007年から2017年にかけて、Urban Transport Project (UTP) が実施された。その中で、達成された主な事項は以下のとおりである。

高品質バスサービスの導入

当初、専用レーンをもつBRTの導入が計画されていたが、物価高騰の影響を受け、専用レーンの建設が困難となり、専用レーンを持たない高品質バスサービス（現地では、Quality Bus Service : QBSと呼ばれる）が導入された。バスの運用は、2016年1月に開始されたものの、その後、一時期、運用が中断された時期があった。2019年4月以降、ピーク時ののみの運用となっている。主要ルートは、Amasaman回廊（図3.5中ではRoute 2）である。

GAPTEの設立

ア克拉首都圏にある自治体間の交通事業調整を行うために、2014年にGreater Accra Passenger Transport Executive (GAPTE) が設立された。その後、2014年11月に、高品質バスサービスの3つのルートでの運行契約が締結されたが、道路建設の遅延、バス調達の遅延、また運転手のトレーニングの遅延などがあり、実際にサービスが開始されたのは、2016年1月であった。

広域制御の信号システムの導入

高品質バスサービスが実施されているア克拉首都圏のAmasaman回廊に、バスの優先制御を行う広域制御の信号システムが2019年7月にフランス開発庁（Agence Française de Développement : AFD）の支援で導入された。これは実際にはUTP終了後であった。運用はDepartment of Urban Roads (DUR) が実施している。当初、UTPでは、クマシ都市圏にも広域制御の信号システムの導入を計画していたが、途中で変更され、導入されなかった。

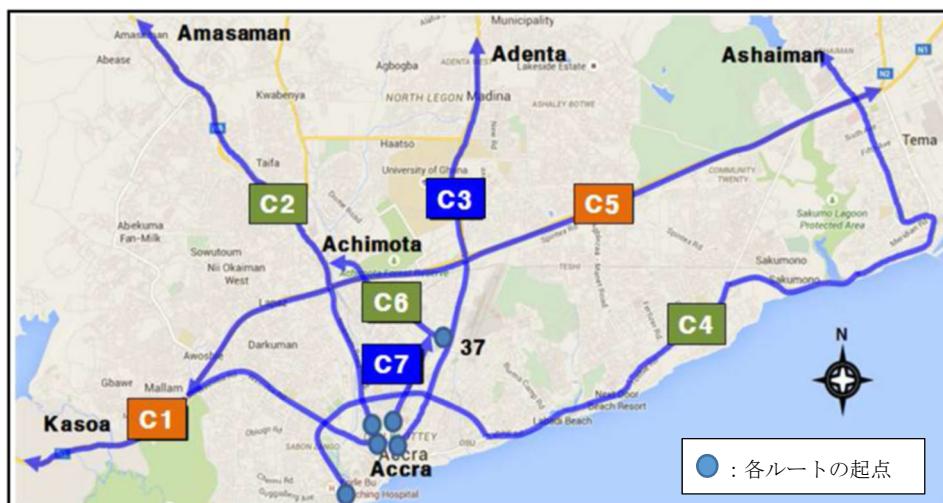
2) KOICAが実施したア克拉首都圏総合交通計画について

KOICAは、2015年～2016年にかけて、交通総合マスターplan策定を支援した。その中で、BRT整備計画、系統制御の信号システムの導入が提言されている。対象ルートを以下の図に示す。



出典：KOICA 交通マスタープラン

図 3.5 提案された BRT ルート



出典：KOICA 交通マスタープラン

図 3.6 系統制御の信号導入が推奨されたルート

図 3.6 に示されるルートのうち、C2 は、系統制御の信号が導入されたが、それ以外のルートにおいては、個別制御の信号が導入されている箇所もあるが、系統制御の信号は導入されていない。なお、中国の支援により、信号整備計画があるが、その実施交渉は遅延している。

(2) ITS/ICT 活用の概要

1) 広域制御の交通信号システム

前述の様に、AFD の支援により、高品質バスサービスが実施されている Amasaman 回廊に、交通管制センターから制御可能な信号システムが導入された。この広域制御の交通信号システムは、世銀との協調融資プロジェクトである UTP の範囲に含まれていた。このプロジェクトでは、15 箇所の信号機、37 台の CCTV カメラ、交通流を測定するための電磁センサー（舗装に埋

め込まれている)の調達と設置が含まれていた。このセンターでは、高品質バスの優先制御は、運用者がバスの位置を把握しながら、マニュアルで信号を制御しているのが現状である。



交通管制センター（手前は運用管理者）

マルチスクリーンによる情報共有

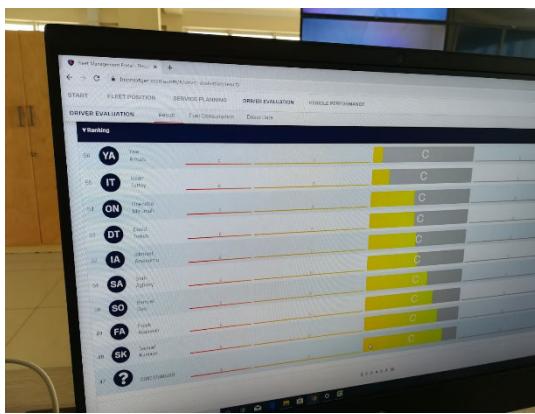
出典：JICA 調査団

図 3.7 DUR の交通管制センター

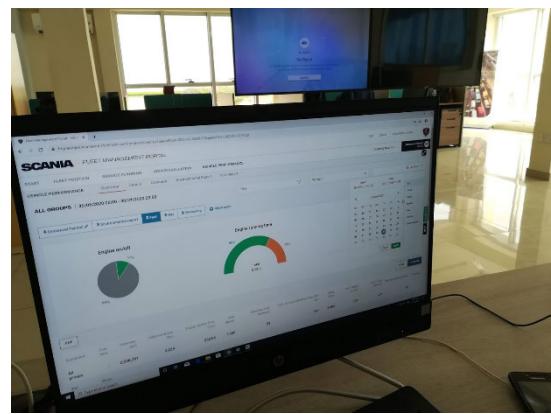
2) 公共交通の運用管理システム

高品質バスサービス用のバスは SCANIA 社から調達され、バスとともに同社の Fleet Management System (FMS) も導入されている。このシステムにはジオフェンス機能¹が搭載されており、車両番号と連動して各バス停に設置されたジオフェンス機能を確認することで、バスの位置情報を収集・監視できるようになっている。この機能により、個々のバスの各バス停の到着・出発時刻のデータを収集することができる。また、バスのデータとして、燃料消費量、走行距離、走行時間、アイドリング時間などが収集される。これらは、主に運転者の運転技術の評価に用いられる。

このシステムは、まだ GAPTE に引き渡されておらず、コントロールルームに監視装置はあるものの、本格的な運用には至っていない。



運転者のスキルのアセスメント結果



全車両の運行モニタリングの総括画面

出典：JICA 調査団

図 3.8 高品質バスサービスに導入予定の FMS の画面表示例

¹ 位置情報を使った仕組みの一つで、仮想的な地理的境界線のこと。またそれを活用したサービスのこと。

3) 過積載車両管理

ガーナには、Ghana Highway Authority (GHA) が管理する 18箇所の大型車両の計量所がある。これら計量所では、軸重が静的に計測され、集計されて車両の総重量を計算している。1軸の許容重量は 10 トンであるが、車両の総重量がトラックの種類によって規定された規制閾値を超えた場合にのみ、過積載と判定される。過積載と判定された車両は、荷下ろしして規定の重量以下とならない限り、計量所を出ることが出来ないようになっている。



車両重量計量所



過積載車両の荷下ろし状況

出典：JICA 調査団

図 3.9 過積載車両の管理状況

4) 交通事故データベース

ガーナの交通事故データは、橋梁道路研究所により、各警察の保有する現場検証結果が収集・分析されている。年に一度、検証報告書が National Road Safety Authority (NRSA) に提出され、NRSA が重大事故ごとに改善策をまとめて各担当道路管理者に指示を出している。

交通事故統計については、NRSA が橋梁道路研究所から毎月入手している。現在、警察の現場検証データは紙ベースで各地方の警察署が保管しており、橋梁道路研究所の担当者は、各地方の警察署を訪問して、紙ベースのデータを収集している。この状況を改善するために、世界銀行と英国 Transportation Research Institute (TRL) は、Road Accident Data Management System (RADMS) と呼ばれるウェブベースの交通事故入力システムを構築した。このシステムは、ネットワークの状態が安定している 5 つの警察署を対象に試験的に導入されている。最終的には全国に展開される予定となっている。

(3) 課題

アクラで ITS プロジェクトを実施する際は、以下の課題や特徴を考慮する必要がある。

道路構造物に関して

ア克拉には、ラウンドアバウトがほとんど無く、十字型交差点と左折レーンとが整備されている。またフライオーバーも多数建設されており、道路網としては、ナイロビよりもはるかに優れている。

高品質バスサービスについて

世銀の UTP では、BRT を導入する計画であったが、専用レーンを建設できず、高品質バスサービスの提供となった。バスの優先制御は、DUR がマニュアルで実施しているものの、バスの運行予定は、確立出来ておらず、バス停に時刻表は無い。なお、高品質バスの運行は、ピーク時間帯に限られていて、その頻度も高くない。

信号制御について

高品質バスサービスが導入されている Amasaman 回廊に系統制御の信号が導入済みである。2021 年現在、中国資金による支援で他の回廊も整備される見込みの報道がなされているが、市内の回廊が複数カバーされるのか、また系統制御が統合されるのかについては、不明である。

組織面の課題

アクラ首都圏は、21 の自治体に細分化されており、交通管理に関する技術的スキルを持つ人材が各自治体で限定的となっている。また、中央政府は、特定の市の課題改善に、集中することが出来ない。そのため、ア克拉首都圏における、交通渋滞等の広域の交通問題を解決する際に必要な、リーダーとなる組織が見当たらない状況に陥っている。一方、交通安全対策については、異なる組織が連携して取り組んでいる状況にある。

3.3 クマシの概要

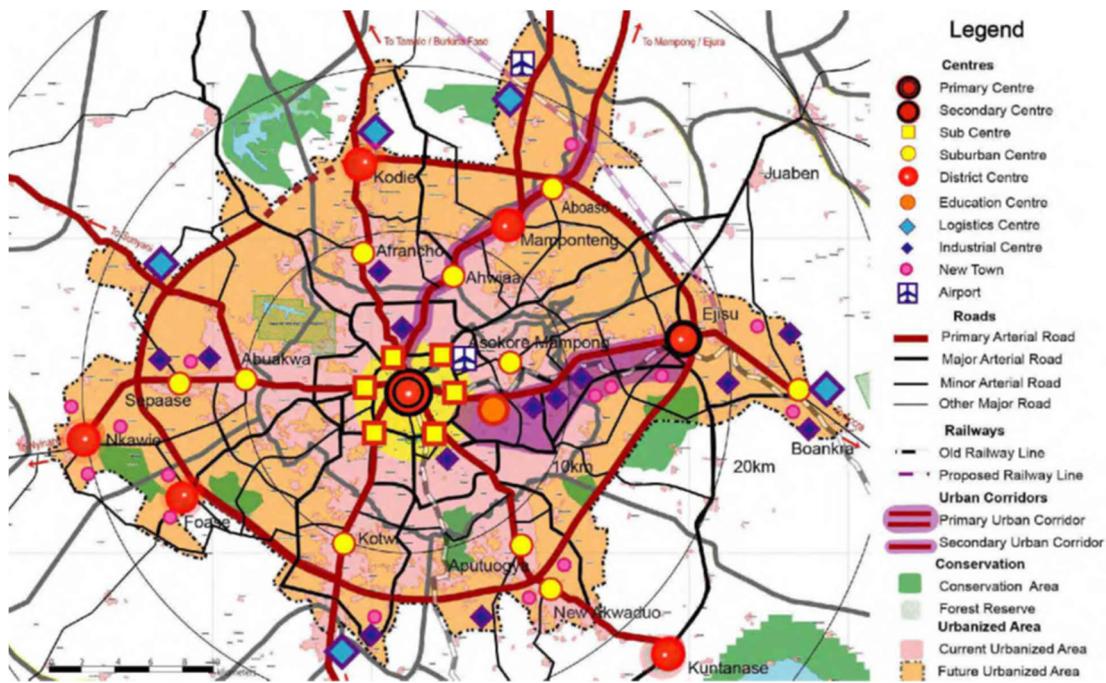
(1) 都市開発計画および交通計画の概要

1) クマシ都市圏総合開発計画

JICA は、2013 年に、クマシ都市圏総合開発計画を策定した。その中で、交通マスタープランも策定していた。現在、Kumasi Metropolitan Assembly と DUR によって進められている開発は、主に JICA の交通マスタープランに即したものであるが、新たな課題に対応するために、異なった方策が取られている状況にある。

2013 年のクマシ都市圏総合開発計画では、土地利用計画と、様々なインフラ計画からなるグレータークマシ都市圏の空間開発計画が策定されている。計画では、グレータークマシの都市成長の境界線を考慮したもので、20 年の間に開発が限定されるべきものが提案されている。図 3.10 にクマシ都市圏の空間開発フレームワークを示す。その概要は、以下のとおりである。

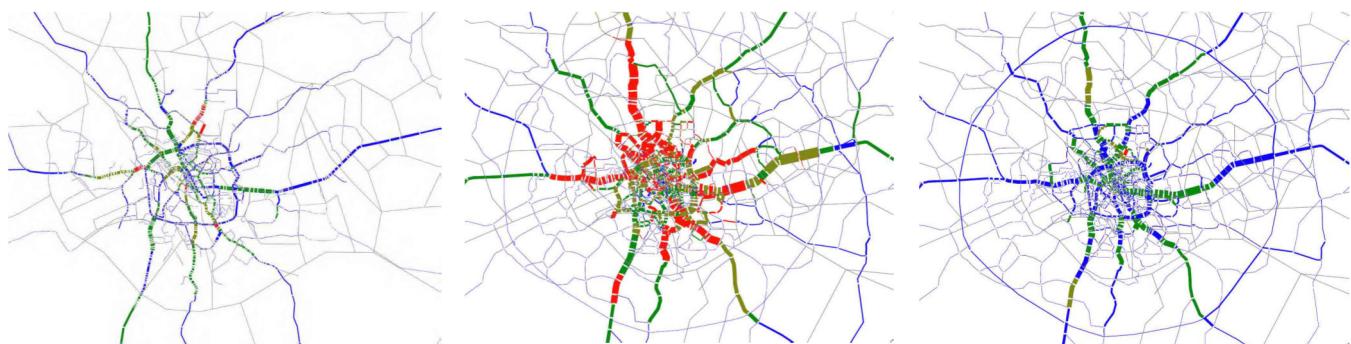
- クマシ市への一極集中型の都市構造から、郊外部に拠点と工業機能を分散化させることによる、多核型の都市構造への転換
- 多核型都市構造を支えるための都心部と郊外の拠点を結ぶ都市軸の形成
- 空間開発戦略を実現するための社会基盤インフラ整備、BRT 導入、土地利用計画・規制の整備



出典：JICA 支援によるクマシ都市圏総合開発計画調査（2013年）

図 3.10 クマシ都市圏の空間開発フレームワーク

この空間開発フレームワークで示された交通計画は、将来の交通需要に基づいて策定されている。図 3.11 に、現状及び将来の交通需要の配分結果を示す。図は調査当時である 2012 年の配分状況（左）、将来の 2033 年について、インフラ関連対策と交通需要管理策を実施しなかった場合（中）と実施した場合（右）の交通配分結果を示している。

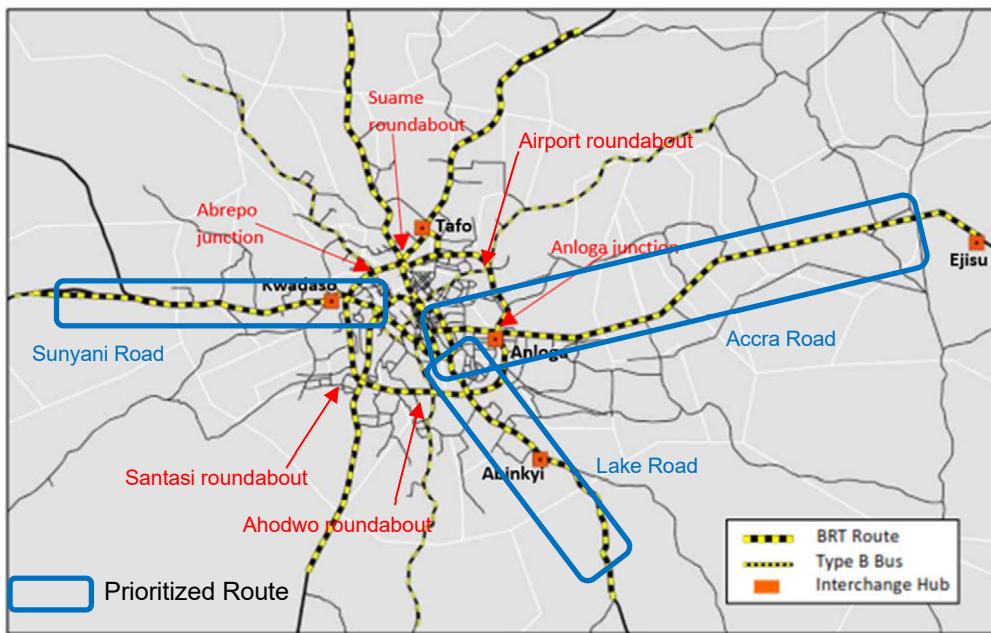


出典：JICA 支援によるクマシ都市圏総合開発計画調査（2013年）

図 3.11 調査当時及び将来の交通配分結果

2) BRT 導入計画

JICA が実施したクマシ都市圏総合開発計画調査では、交通需要管理の一環として、BRT の導入、及び既存のミニバスよりも高容量のバスの導入に関して、以下の図の様にルートが計画されていた。



出典：JICA 支援によるクマシ都市圏総合開発計画調査（2013 年）

図 3.12 BRT 及び高容量バスルートの計画（一部調査団で加筆）

現在、AFD の支援により、BRT 導入に関する調査が行われている。以前、アクラの高品質バスサービス導入のために、世銀の UTP で調達されたバスのうち、約 60 台が運輸省経由でクマシに提供されていたが、この調査では、それらバスの活用、専用レーンの建設を含む BRT 導入に関する調査が行われている。この調査では、BRT を導入する優先ルートとして、Sunyani Road、Accra Road 及び Lake Road が優先ルートとして提案されている（上図 3.12）。

3) フライオーバー建設設計画

JICA の総合都市開発計画では、フライオーバーの建設が、内環状道路と放射状に延びる主要回廊と交差する 5 地点で提言されていた。それらは、Angola 交差点、及び 4箇所のラウンドアバウト（Airport、Suame、Santasi、及び Ahodwo）であった。これらのフライオーバーは、まだ建設されていない状況であるが、Anloga 交差点と Suame ラウンドアバウトについては、設計が終わっている。ただ、建設が完了するまでは、まだ時間がかかる見込みである。

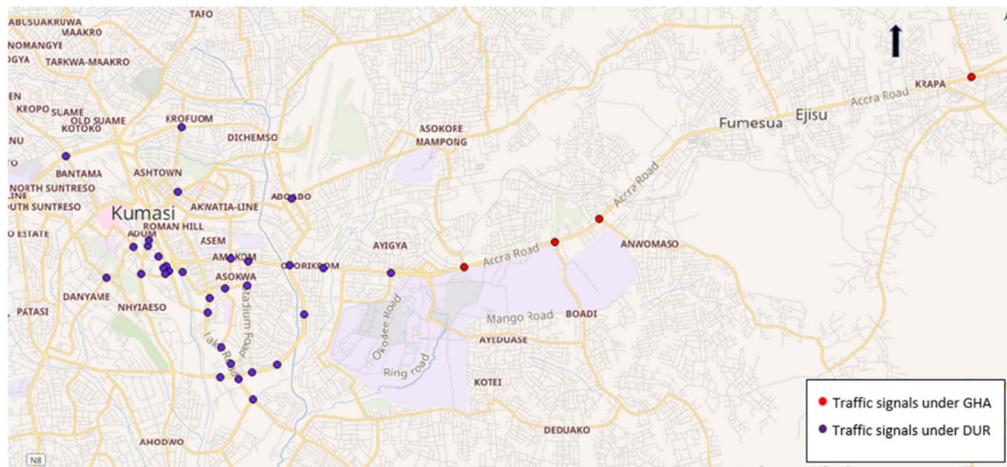
(2) ITS/ICT 活用の概要

1) 交通信号の現状

現在、クマシ都市圏の道路網には図 3.13 に示すように 36 の信号機が設置されている。これらの信号機は主に交通量や歩行者数の増加、交通事故の削減等、交差点をより安全なものとする必要性から設置されている。これらの信号機は、交差点ごとに個別で制御されており、系統制御されている信号機は、まだ導入されていない。

図 3.13 に示すように、現状で、DUR 管理と GHA 管理の信号が同一回廊に設置されている。これらの信号機の維持管理については、同一コントラクターが据え付けたということもあり、現状では、特に問題にはなっていない。

なお、今後、信号が導入される計画があるのは、BRT 導入の優先度が高い Sunyani Road である。但し、導入予定の信号についても、系統制御ではなく、既存信号と同様の個別制御が予定されている。

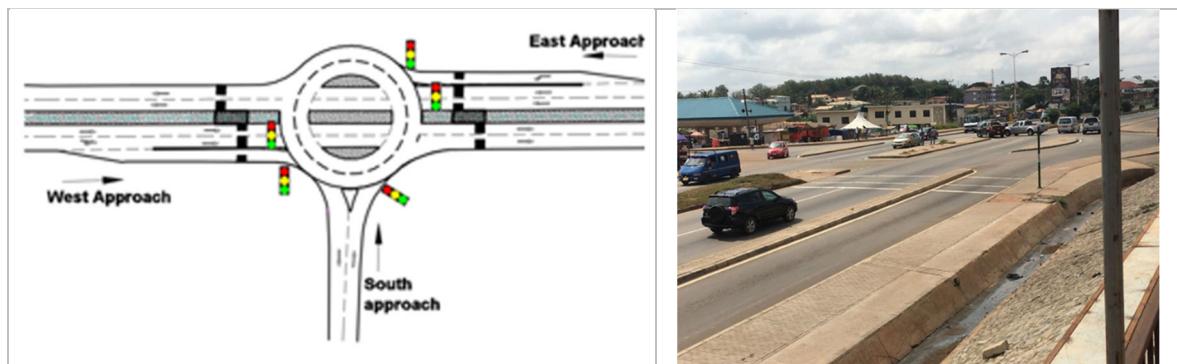


出典：JICA 調査団

図 3.13 クマシ都市圏における既存の交通信号の位置

2) ラウンドアバウトへの信号導入の取組み

エジス市とオフォリクロム市の間の国道 6 号線 (N6) 区間 (Accra Road) では、ピーク時の渋滞が問題となっていたため、ボトルネックとなっている 4 つの片側 1 車線のラウンドアバウトについて、図 3.14 に示すような革新的な信号付きラウンドアバウトとして建設されている。建設中の新しいデザインは、スループットを最大化して遅延を減らし、トラックの横転事故を減らすこと等を目的としている。



出典：JICA 調査団

図 3.14 革新的な信号導入ラウンドアバウトのレイアウト及び工事中の状況

(3) 課題

クマシで ITS プロジェクトを実施する際は、以下の課題や特徴を考慮する必要がある。

道路建設計画の状況

JICA のクマシ都市圏総合開発計画で推奨されていた外環状道路やフライオーバーの建設は、まだ実施されていない状況にある。そのため、国の南北を結ぶハブに位置するクマシ都市圏の特性として、クマシ中心部に交通需要が集中する傾向がある。

公共交通の課題

世銀の UTP で調達されたバスを活用して、これを利用するためのパイロットプロジェクトと BRT 導入の調査が AFD 支援で実施されている。この調査では、優先的な BRT ルートと、交通信号の導入が提案されているが、系統制御の信号を導入する計画にはなっていない。

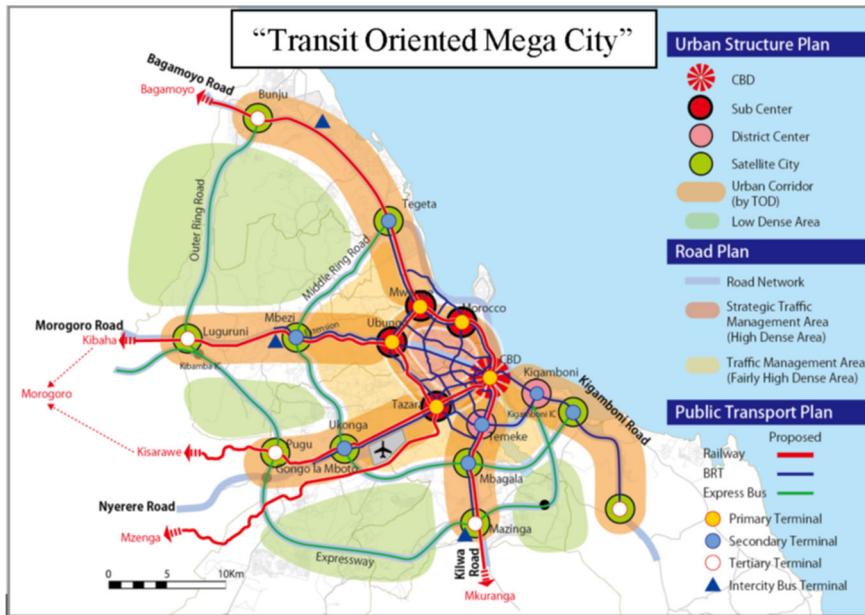
市の中心部の交通管理について

内環状道路の内側の市の中心部においては、有料の路上及び路外駐車場があるが、どの駐車場が利用可能であるか、利用者向けに情報提供されていない状況にある。また支払いも、現状では、現金のみという状況である。

3.4 ダルエスサラームの概要

(1) 都市開発計画および交通計画の概要

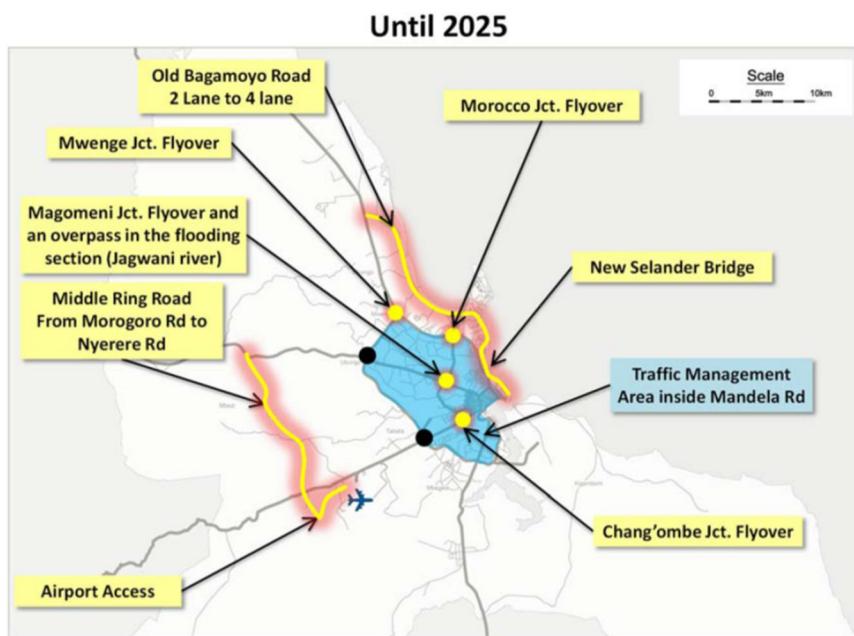
ダルエスサラームにおける最新の都市交通マスタープランは、2018 年に JICA の支援により実施された「ダルエスサラーム都市交通マスタープラン改訂プロジェクト」（以下、改訂 M/P）によって作成されたものである。それは、DSM の将来人口を 2017 年時点の 580 万人に対し、2040 年には 1,200 万人になると想定し、BRT や鉄道の回廊に沿った TOD 開発による「トランジット志向のメガシティ」にすること、ボトルネックや渋滞を軽減する主要交差点にフライオーバーを建設し、「放射状・環状幹線道路網」を提案すること、2030 年までの間、動的な信号制御最適化システム、リアルタイム交通情報システム、公共交通優先システムを含む「先進技術による交通管理」の実現などを盛り込んでいる。改訂 M/P では、図 3.15 に示すように、5 つの放射状の都市回廊と 3 つの環状道路を形成する「手のひらと指」の都市構造を想定している。



出典：JICA 改訂都市交通 M/P

図 3.15 都市交通マスタープランのコンセプト（長期ビジョン）

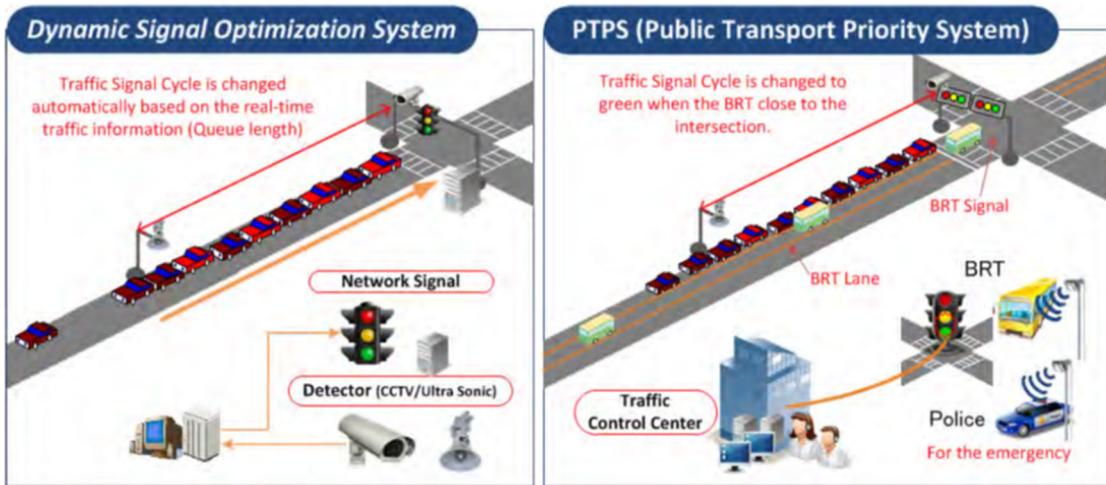
改訂後の M/P では、2025 年、2030 年、2040 年、2040 年以降の段階的な実施計画と、都市構造、交通管理、公共交通などの分野別政策が示された。2025 年までの短期的な開発としては、BRT フェーズ 2～4 の完成、Tazara 交差点と Ubungo 交差点のフライオーバープロジェクト、ネルソン・マンデラ道路内の戦略的交通管理エリアへの交通管理システムの導入により、バガモヨ、ニエレレ、キルワ道路のピーク時の道路混雑を改善することが提案されている。図 3.16 は、2025 年までに実施が提案されている戦略的交通管理エリアと交差点改良の位置を示したものである。



出典：JICA 改訂都市交通 M/P

図 3.16 2025 年までの実施が提案されているプロジェクト

交通管理の方策の一つとして、動的信号最適化と公共交通優先制御が、提案されていた。



出典：JICA 改定都市交通 M/P

図 3.17 動的信号最適化及び公共交通優先制御

(2) ITS に係る計画

Dar Rapid Transit Agency (DART : BRT の運用主体) は、運用中の BRT の高度化を主な目的として、ITS Scoping Study を 2019 年に実施した。その中で、自動運賃収受やバス運行管理の高度化などが検討されていた。ただこれらの事業についての具体化には言及されておらず、バス運行の高度化は、バス運用者に対するもので、信号の公共交通優先制御のようなことは、含まれていない状況にある。

一方、ダルエスサラーム市が策定した ITS 戦略計画は、包括的な計画となっている。この計画の大項目は、①旅客輸送管理、②旅客への情報提供、③交通管理及びデータセンター、④幹線道路管理、⑤駐車管理、⑥マルチモーダルの統合的運用、⑦電子決済システム、⑧商業車両の運用管理、⑨通信ネットワーク整備である。

(3) BRT 導入効果

ダルエスサラームでは、2016 年 5 月に第 1 期として、モロゴロ道路沿いに、BRT の運用が始まった。この第 1 期分は、幹線道路 21km、フィーダー道路 57.9km、大型ターミナル 5 駅、全体として 29 駅で構成されている。現在、1 日あたり 20 万人の乗客を運んでいる。プロジェクト費用は世銀が融資し、第 1 期工事には 1 億 8000 万ドルが融資された。以下に、運用状況の写真を示す。



BRT 専用レーンを走行する BRT 車両



駅におけるプラットフォームからの乗降状況

出典：DART

図 3.18 ダルエスサラーム都市圏における BRT 運用状況

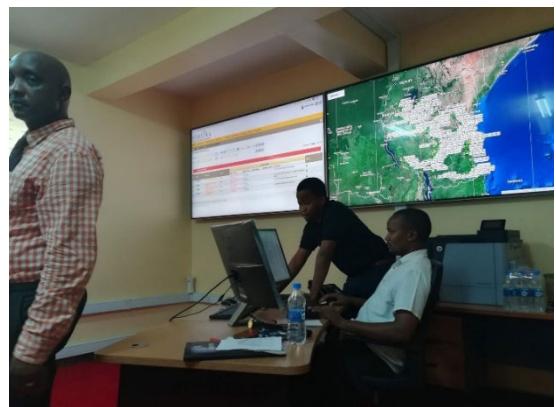
(4) ITS/ICT 活用の概要

1) 長距離バス運行管理システム

陸上輸送の規制機関である Land Transport Regulatory Authority (LATRA) は、都市間バス運行管理システムを独自の予算で開発し導入した。このシステム導入後、長距離バスの事故による死者数を 2 年連続で、35% 削減している。このシステムに対しては、民間バス事業者や周辺国から高い評価を得ている。



主要モニタースクリーン



サブモニタースクリーン

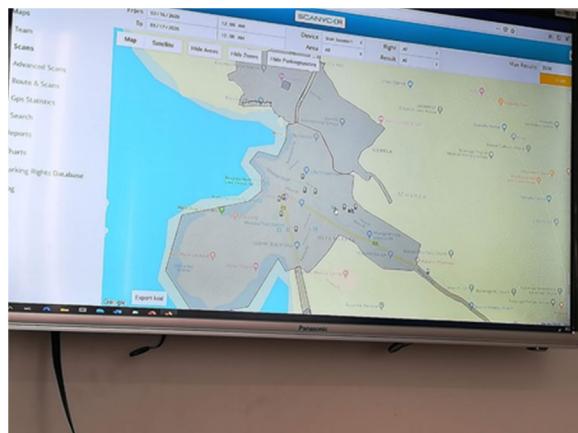
出典：JICA 調査団

図 3.19 LATRA が運用する長距離バスリモートモニタリングセンター

このシステムは、タンザニア国内の長距離バス約 3,800 台に、その車両のスピード、加速度、及び位置情報をリモートモニタリング出来るようにセンサーを取り付け、LATRA のリモートモニタリングセンターにおいて 24 時間 365 日体制で監視するが出来るようになっている。スピード違反に対しては自動的に対象車両が検出され、LATRA の地方事務所と連携して、迅速に罰金を科すことが可能で、また車両の横転事故等が疑われる場合は、LATRA の地方事務所から、即刻対応することが出来るようになっている。

2) Mwanza における駐車管理システム

タンザニアの全都市を対象とした路上駐車場管理を行う Tanzania Rural and Urban Road Agency (TARURA) は、本調査の対象都市ではないが、タンザニア第 2 の都市であるムワンザにおいて、2019 年より電子決済による路上駐車料徴収と一体化した、ナンバープレートスキャン技術を用いた路上駐車場管理システムを試験的に導入した。この新しい ICT システムは、ムワンザ市の駐車場管理の正規委託先である現地の民間企業が提案して実施したものである。同企業はシステム開発に自ら投資し、TARURA は政府の電子決済データベースとのシステム統合を支援した。ナンバープレートをスキャンするのは、バイクの後ろに積んだ 4 台のカメラで、このバイクを走行させながら、路上駐車している車両のナンバープレートをスキャンするという仕組みである。この技術自体は、オランダで開発されたもので、同企業は、支払いも含めたシステム構築と運用を担っている。TARURA としては、このシステムを他の都市にも展開していくと考えている。



ムワンザにおける駐車管理区域
(CBD と主要幹線道路を含んでいる)



駐車している車両の位置図
(赤は未払い、青は支払い済み、緑は月額払いを示す。赤が多いのは、24:00 の支払い期限迄、まだ時間があるため)

出典：JICA 調査団

図 3.20 TARURA がムワンザで導入した駐車管理システム運用状況

(5) 課題

ダルエスサラームで ITS プロジェクトを実施する際は、以下の課題や特徴を考慮する必要がある。

ダルエスサラーム市での広域交通管理の必要性

JICA の改訂交通 M/P では、ネルソン・マンデラ道路より中心部における交通管理の具体化を 2025 年までに実施することが提言されており、ITS や交通管理を実施して行く上での背景となりえる。また DART は、ITS のスコープを検討する調査の中で、公共交通優先制御の一環として信号制御に対して強い必要性があることを示している。既存の BRT 回廊沿いの信号は、個別制御であるが、異なる製造企業による信号が導入されており、統合を請け負う可能性のある業者は今のところ見当たらない。世銀の Dar es Salaam Urban Transport Project (DUTP) のパッケージ A4 でも、信号が導入されたが、系統制御は実現していない。

自動運賃収受や旅客向けサービスについて

DART は BRT 駅における自動運賃収受に係る仕様を整備したが、BRT サービス開始後、一時的に利用されたものの、その後、自動運賃収受の運用は見合わされ、現状はマニュアル収受での運用となっている。また、BRT 利用者向けのバス到着予定を知らせるなどの各種旅客サービスは、暫定運用者である UDART 社に任せられており、DART 側で実現出来ていない。DART は、日々の運用と、新たな BRT 建設に忙殺され、顧客満足度の向上を検討する段階に至っていないように見受けられる。自動運賃収受、スマートフォンアプリや、車内・駅のプラットフォームにおけるバス運行状況等の旅客への情報提供は、顧客満足度を上げるために有効な手段と考えられるが、ダルエスサラームではまだ実施されていない。なお長距離バスの運行管理システムで導入された Fleet Management System (FMS) は、旅客への情報提供で不可欠なものと考えられるが、BRT にはまだ導入されていない。

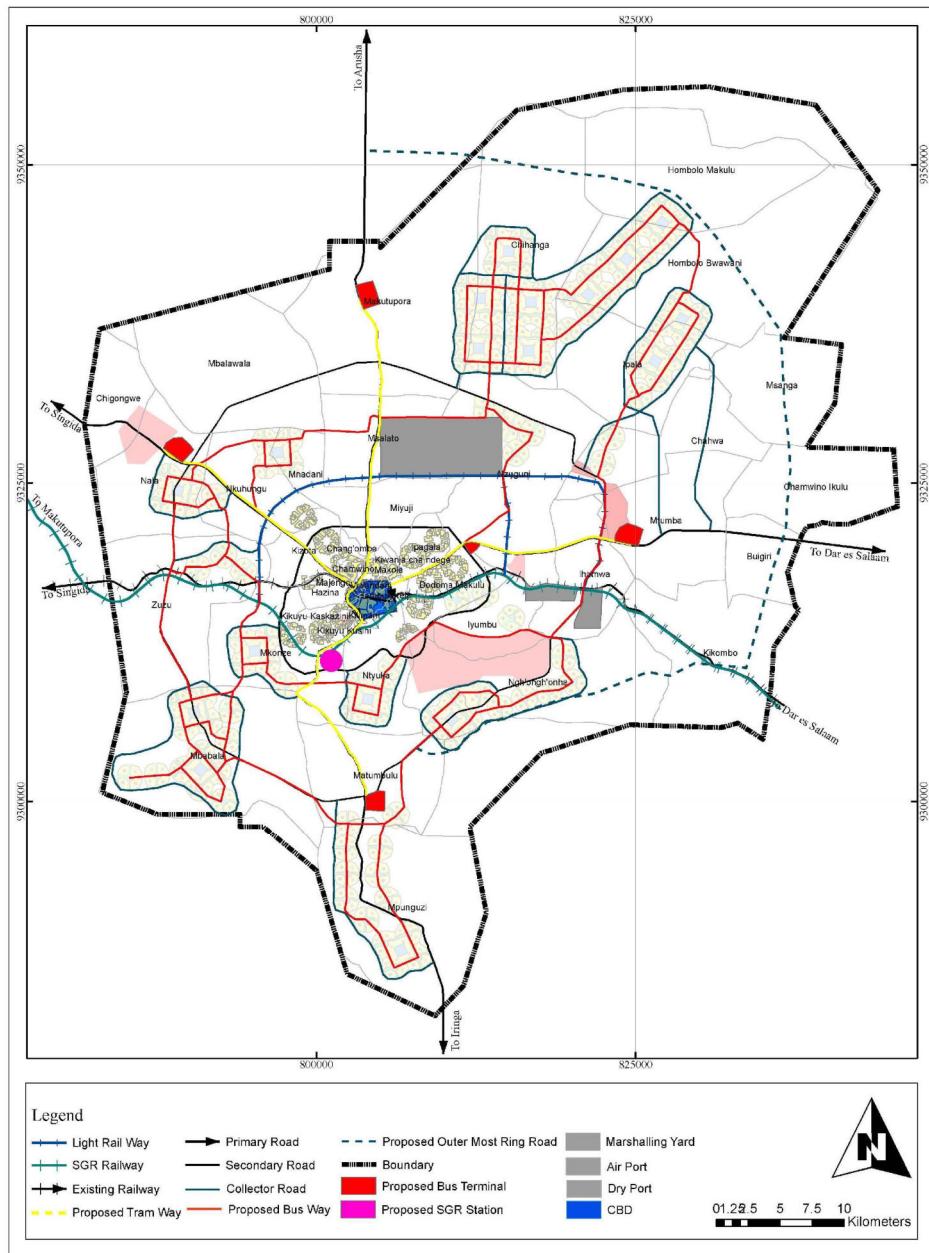
3.5 ドドマの概要

- (1) 都市開発計画および交通計画の概要
 - 1) 総合都市開発計画

ドドマの最新の包括的な開発計画は、2019 年 4 月に発表された国土・住宅・定住開発省が作成した「ドドマ首都圏マスターplan 2019-2039」である。この M/P (以下、ドドマ首都圏 M/P) では、人口・定住分析、地震リスク分析、インフラ・公共事業、交通計画、景観計画、都心部再開発、環境影響評価、実施計画など 10 のサブカテゴリーの調査で構成されている。交通と都心部再開発の補完的な調査では、ITS サービスと ICT インフラ政策が提案されている。

マスターplan の主な内容としては、ドドマの将来像として、地域経済の中心地、学術の中心地、観光地、スポーツ・レクリエーション機能、エコフレンドリー、スマートシティ構想、トランジット型都市構想などの都市開発構想が記載されている。スマートシティ構想においては、交通安全や移動監視などの ICT 活用や、より高いアクセシビリティが描かれている。またトランジット型都市構想においては、公共交通機関と一体となった歩行可能な都市開発の推進が期待されている。提案された交通分野のシステムを以下の図に示す。

PROPOSED TRANSPORT SYSTEM



出典：ドドマ首都圏マスタープラン 2019-2039

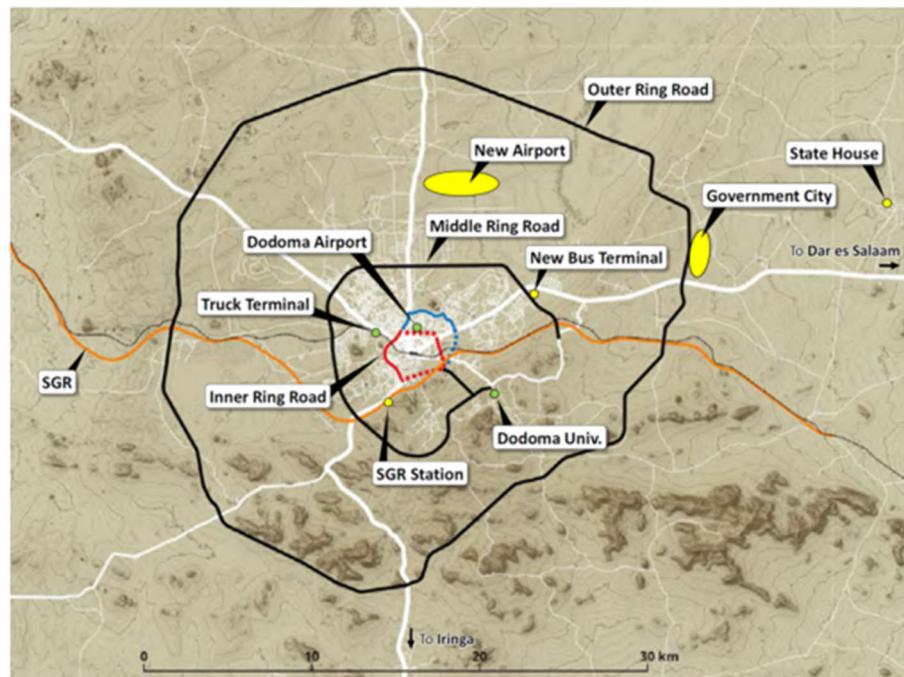
図 3.21 提案された交通システムの計画

2) 道路整備計画

JICAは、2019年に、内環状道路の拡幅・建設プロジェクトを評価するために情報収集・確認調査を行った。ドドマ首都圏マスタープランで提案されているように、内環状道路は図3.22に示すように、他の外環状道路、中環状道路とともに提案された。また、新空港、政府機関が集まる都市、新バスターミナル、SGR路線、駅などの主要プロジェクトが予定されている場所を示している。

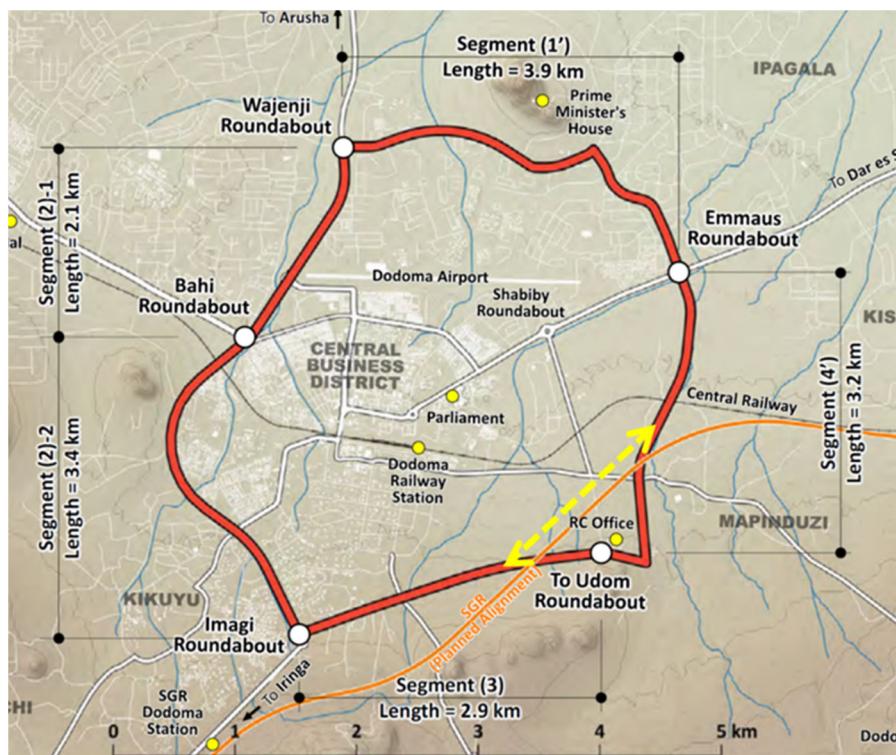
図3.23は、内環状道路の整備案を示している。セグメント(3)とセグメント(4')については、日本による整備が期待されている。区間(3)は TARURA 所有となる新設 2.9km、区間(4')は

TANROADS 保有となる新設 3.2km である。なお、両区間とも、図中の黄色い点線矢印のように、SGR との交差を避けるためにルートを見直している模様である。



出典：ドドマ市道路セクターに係る情報収集・確認調査（2019）

図 3.22 ドドマ市における 3 つの環状道路計画と関連する主要開発計画



出典：ドドマ市道路セクターに係る情報収集・確認調査（2019）に調査団で一部加筆

図 3.23 内環状道路の開発コンセプトとその修正

(2) ITS/ICT 活用の概要

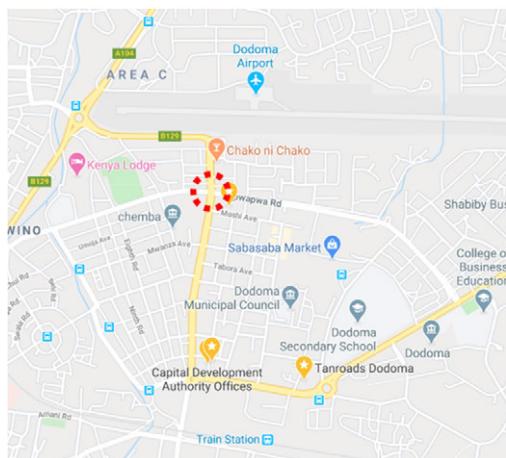
ドドマでは、2箇所に信号機が導入されている。以下にその概要を示す。



Ndasha 交差点における信号



Ndasha 交差点の信号制御機



Ndasha 交差点の位置



Emmaus 交差点の信号機（2020年5月から再運用）

出典：調査団

図 3.24 ドドマにおける交通信号の運用状況

(3) 課題

ドドマで ITS プロジェクトを実施する際は、以下の課題や特徴を考慮する必要がある。

ダルエスサラーム道路沿いの信号制御の可能性

ドドマのダルエスサラーム道路は、政府機関、スタジアム、都市間バスターミナル、ショッピングセンター、住宅開発など、小さな首都の様々な開発を誘致し、この幹線道路に沿っていくつかの合流点を生み出している。

また、その拡幅事業はモータリゼーションを加速させる可能性がある。外環状道路の開発は、長距離貨物交通をダルエスサラーム道路と中心部から排除する可能性があるが、他の都市が経験してきたように、乗用車需要の加速は避けられない。

ITS プロジェクトは交通効率の向上を目的としているが、ドドマにおける交通需要は、まだそこに至っていないものの、将来を踏まえた対策が必要となっている。

また、郊外の事故多発交差点の信号導入の必要性について、TANROADS ドドマ事務所は理解している。この様な交通事故対策に対する信号機導入のニーズはある。

スマートシティ開発のニーズ

ドドマ首都圏マスタープランでは、ドドマのスマートシティ開発構想を描いている。ITS プロジェクトは、スマートシティのプランディングの一部となり得る内容である。交通信号機の設置以外にも、市内中心部から政府機関が集中する Government City までのダルエスサラーム道路に沿った自律バスサービスの運行などが計画されている。

ドドマにおける ITS 導入は、時期尚早か

ドドマはまだ人口 30 万人の小さな都市であり、多くの人はドドマでの ITS 事業は時期尚早と考えている。ただ、これまでの他の都市の発展状況を振り返ると、ほとんどの都市は予測を超えて、交通渋滞を経験しているのが実情である。

4 交通管制システムに係るプロジェクト形成の概要

ここでは、都市における交通状況を改善するための交通管制システムの概要について述べる。

4.1 交通信号の系統制御方式の比較

世界には、オーストラリアで開発された SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) 、英国で開発された SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique) 、日本で開発された MODERATO (Management by Origin-Destination Related Adaptation for Traffic Optimization) の 3 つの主要な交通信号の系統制御方式がある。これらのシステムは技術的に異なり、特にセンサー・車両検知器の位置が異なる。

SCATS は交差点の停止線付近に車両検知器を設置して交通パラメータを測定し、SCATS の制御装置は上流の交差点からの需要を予測しない。SCOOT は交差点の出口付近に車両検知器を設置して交通パラメータを測定し、交差点に到着する車両の流量分布を推定する。一方、MODERATO は、目標とする交差点停止線から上流 150m、300m、500m、1,000m の地点に車両検知器を設置し、交差点に進入する車両の流量分布や滞留長を推定する。このように MODERATO では、詳細な交通流の流れをより正確に予測することができるが、他のシステムと比較して車両検知器の数が多くなる特徴があり、その分コストが高くなる傾向がある。

表 4.1 主な交通信号の系統制御方式の比較

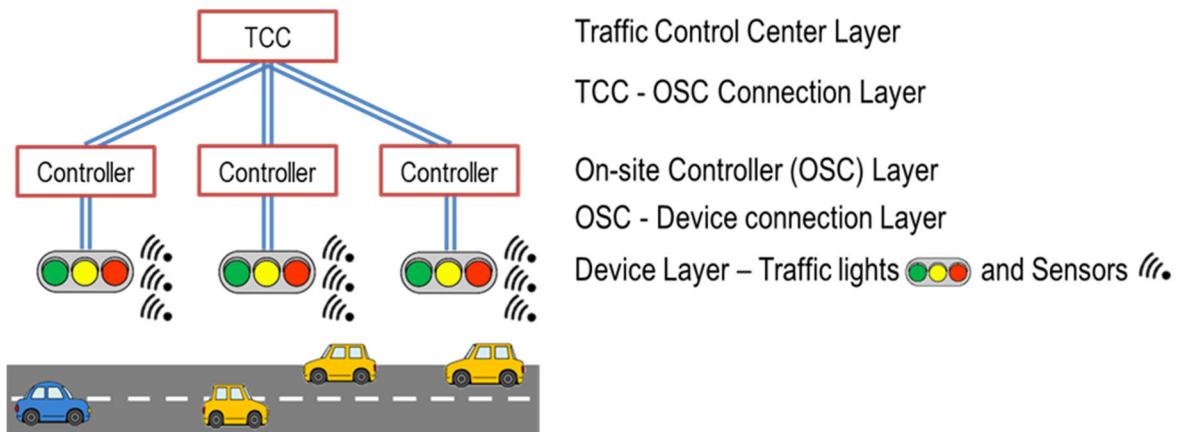
項目	MODERATO	SCOOT	SCAT
開発元	日本	イギリス	オーストラリア Roads & Traffic Authority
運用都市	47 都道府県で運用	イギリス以外を含む 200 以上の都市で運用	27 カ国 80 以上の都市で運用
システム概要	サイクル単位、1 分、2.5 分、5 分毎に計測した交通情報に基づき、信号制御パラメータ（スプリット、サイクル、オフセット）を自動生成する。 1 分、2.5 分、5 分の変更タイミングでリアルタイムな信号制御を行う。 重要交差点においては流入路別に渋滞長を計測し、過飽和交通量にも対応する。	車群波形の計測による遅れ時間の算出を行い、青時間利用率を求める。 2.5 分または 5 分単位にてサイクル長を数秒単位で変更する。	停止線直近に設けたセンサーの情報に基づいた交通情報を生成する。信号パラメータは、サイクル毎に求め、リアルタイム性が高い。
長所／短所	非飽和から過飽和まで、最適な信号パラメータを選択でき、各種応応制御と組み合わせることにより、地点ごとに適した細かい制御が可能である。 センサーの設置数は、渋滞長の計測を目指していることから、他の方式より多くなる傾向がある。	非飽和制御においては、最適な信号パラメータを選択できるが、過飽和では最大サイクル長を選択するため、待ち時間等が過大となる傾向がある。	非飽和時は、ギャップ感応制御に近く、リアルタイム性が確保される。センサー設置の制限から、過飽和時には、サイクル長が長引く傾向にあり、非効率的となる。

出典：カンパラ市交通管制センター整備計画準備調査報告書（2019 年 2 月）を参照

4.2 対象 5 都市における信号整備状況と整備方針

本調査業務で対象となる 5 都市における系統制御の信号の導入に関して、日本における現状の系統制御の信号システムと比較しながら、各都市の現状を踏まえて導入案を検討した。

まず、日本における一般的な系統制御による信号システムを簡略化したものを見ると以下の図に示す。



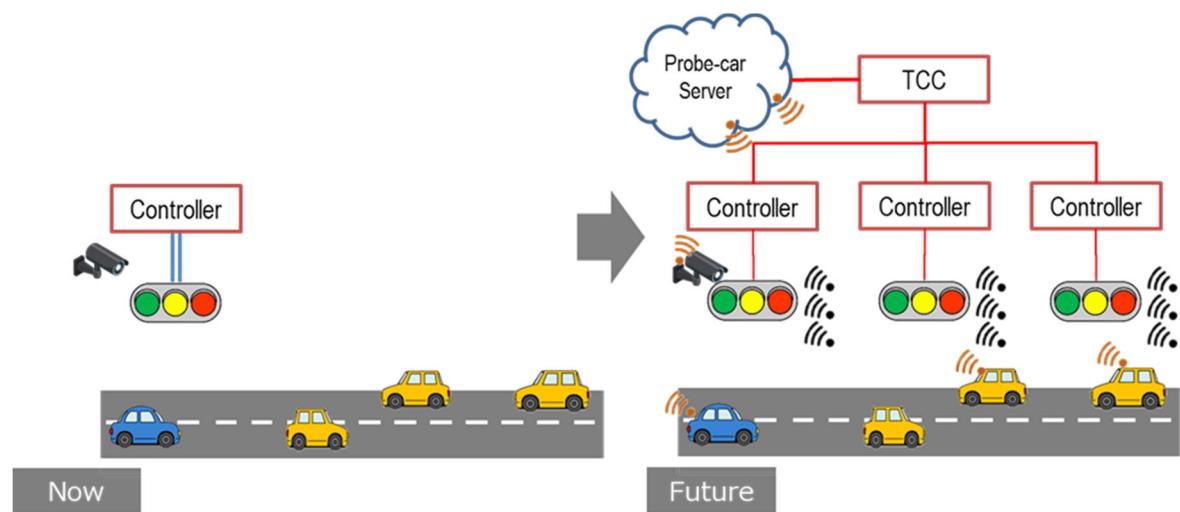
出典：JICA 調査団

図 4.1 日本における現状の系統制御の信号システムの模式図

日本の一般的な信号システムを 5 層構成（機器 3 層と接続するための 2 層）と見做すと、図 4.1 の様に 5 つの層に簡略化された図で示される。デバイス層は、信号と路側センサーとで構成されている。各交差点には、制御機が設置されており、その層を制御機層とし、その制御機層と

デバイス層との接続をデバイス接続層と見做す。各交差点の制御機と交通管制センター（Traffic Control Center : TCC）とは、通信ネットワークで接続されている。それらを交通管制センター層とTCC-交差点制御機間接続層と考える。

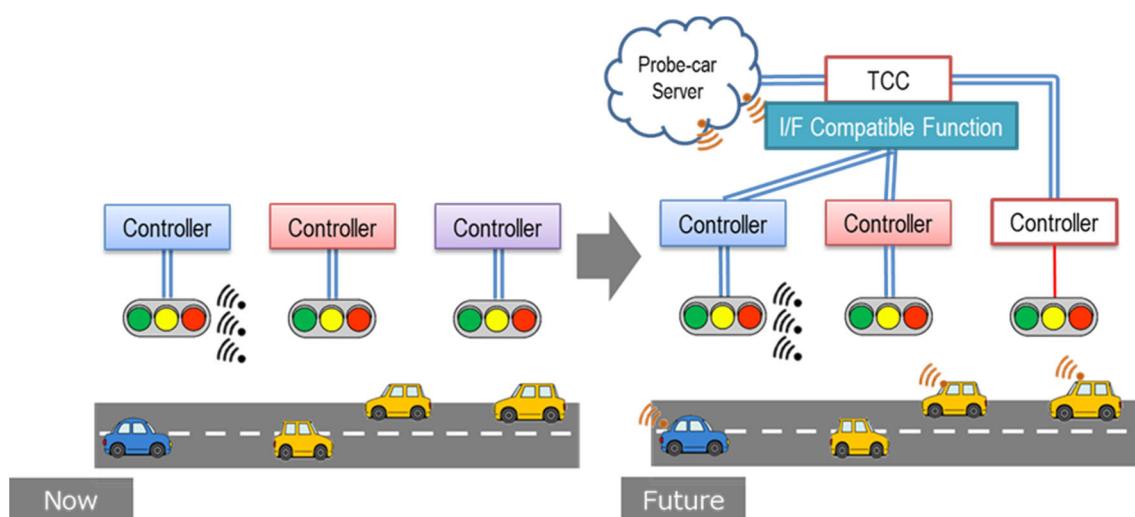
調査対象の各都市のうち、まだ系統制御の信号が導入されていないモンバサ、クマシ、ドドマの各都市では、以下の図の様に、既存の個別制御の信号をセンターから制御する方式を導入することが必要となる。なお、Probe-car Serverは、Probe-carによるデータを、信号制御に取り込む試みで、路側センサーの数を減らしていくことが出来る可能性がある。そのことで、MODERATOの短所を補うことの可能性のある技術である。ただ、現状ではまだ実用化されはおらず、将来、実際のプロジェクト実施前の調査で、検討すべきであろう。



出典：JICA 調査団

図 4.2 モンバサ、クマシ、ドドマにおける系統制御の信号システムのモデル

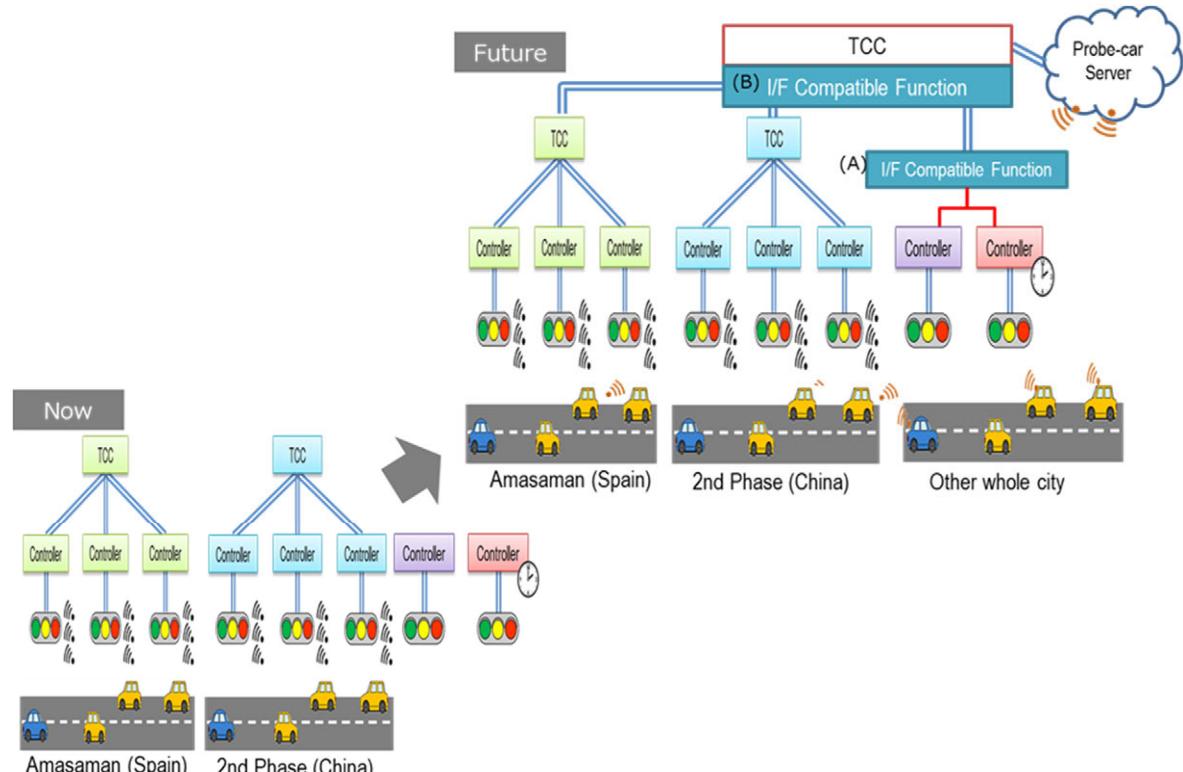
一方、ダルエスサラームでは、系統制御は導入されていないものの、異なる個別制御方式の信号が導入されており、かつそれらの信号が長年良好な状態で維持管理がなされていることから、それらを活用し、センターから制御することが、将来の案として提案できる。



出典：JICA 調査団

図 4.3 ダルエスサラームにおける系統制御の信号システム導入のモデル

アクラにおいては、既に高品質バスサービスが導入された回廊に、系統制御の信号システムが導入されていること、また中国のコントラクターにより、別の系統制御方式が導入される可能性があることから、将来、これら異なる系統制御方式を、一つの制御方式で制御するには、以下の図に示すように、それぞれの制御方式と互換性を持たせる機能をインターフェースとして介在させ、一つの制御システムで全体を制御する方向性が考えられる。



出典：JICA 調査団

図 4.4 アクラにおける系統制御の信号システム導入のモデル

図 4.3 及び図 4.4 に示したモデルは、技術的には実現性があるものの、一般的には採用されにくいものであり、回廊ごとの系統信号整備で交通の適正化を図るのが現実的な方向性と言える。

5 提案プロジェクトの概要

5.1 モンバサにおける提案プロジェクト

(1) 提案プロジェクトの概要

モンバサにおいては、ピーク時の渋滞緩和や、将来の交通需要に対応した円滑な交通流の確保を目的として、系統制御の信号機の導入と、道路交通情報を道路利用者に提供するシステムの導入を推奨する。3 年以内程度の短期的に実施するプロジェクト推奨案と 3~10 年先の中長期的なプロジェクト推奨案を以下の表に示す。

表 5.1 モンバサにおけるプロジェクト案（短期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
モンバサ交通管理改善プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 幾つかの主要回廊への系統制御の信号システム（路側のセンサー設置を含む）の導入 交通管制センターの導入 各交差点の信号制御機と管制センターのシステム間の通信システムの導入 信号導入に伴う交差点改良 	CGM DTIPW

出典：JICA 調査団

表 5.2 モンバサにおけるプロジェクト案（中長期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
モンバサ交通管理に係る技術協力プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> プローブカーデータの収集と信号制御への活用 信号制御の運用維持管理に係る協力 信号制御エリア拡大に向けた CGM への支援 	CGM DTIPW

出典：JICA 調査団

(2) プロジェクト実施計画概要

1) プロジェクト実施体制

以下の表にプロジェクト実施体制を示す。

表 5.3 モンバサにおけるプロジェクト実施体制案

組織名	部署名	主な役割
CGM	DTIPW	全体の取り纏め、実施機関、交通管理と技術面の支援
	DTI	運用維持管理の取り纏めと実際の運用
	DICT	ICT 基盤とデータの運用維持管理
KeNHA	Coast Region	管理する道路における技術的支援
KURA	Coast Region	管理する道路における技術的支援
NTSA	Coast Office	法令、規制に係る支援
KPS	Traffic Police Department	取締りに係る支援
TUM	ICT Department	人材育成、データ分析

注：KeNHA : Kenya National Highway Authority、KURA : Kenya Urban Roads Authority、NTSA : National Transport and Safety Authority、KPS : Kenya Police Service、TUM : Technical University of Mombasa

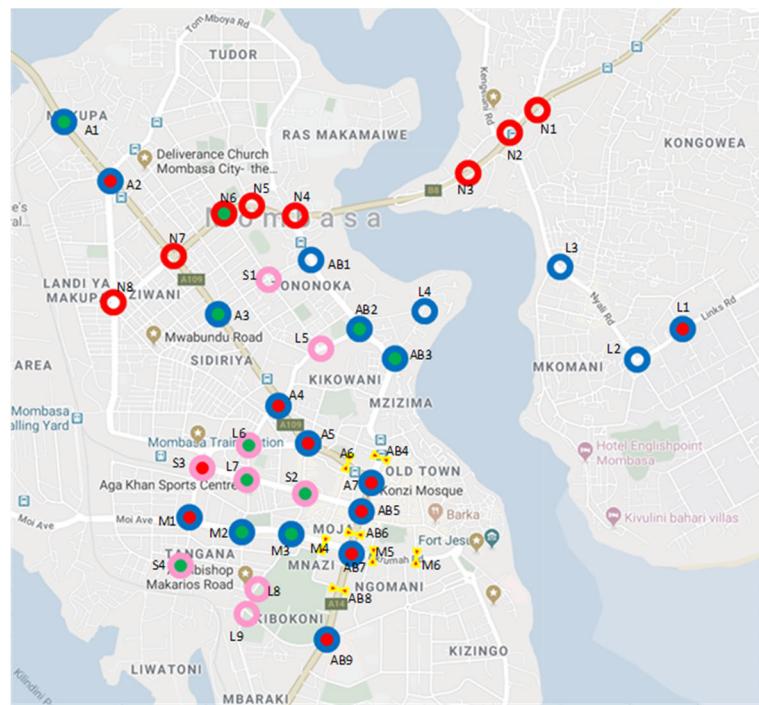
出典：JICA 調査団

2) プロジェクト対象エリア概要

プロジェクトは、回廊の系統制御を実現することから、以下のルートについて、対象としての適否を検討した。

- (a) Nyali ルート (以下の図中 N と数字で示す交差点のルート。以下同じ。)
- (b) A8 ルート (A で示す)
- (c) Abdel Nassr ルート (AB で示す)
- (d) Moi ルート (M で示す)
- (e) Links-2nd Nyali ルート (L で示す)
- (f) その他 (S で示す)

上記のうち、資金協力事業の対象として優先順位が高い回廊は(a)、(c)及び(d)である。(e)については、第2ニアリ橋の整備計画の詳細が現時点では具体化していないが、整備計画が具体化すれば必要性は高くなる。(b)については、Mwenbe Tayari周辺の路上が、長距離バスの実質的なターミナルとなっており、Matatuも集中しているため、路上の客待ち車両滞留が多い。そのため、これらのサービス事業者を適切に規制しない限り信号機導入の効果は期待できず、現状では優先度は落ちる。今後、(a)～(e)の回廊につき、資金協力事業としての必要性、緊急性、妥当性を更に詳細に検討する。



出典：JICA調査団

図5.1 検討対象の交差点と回廊

5.2 アクラにおける提案プロジェクト

(1) 提案プロジェクト概要

アクラにおいては、先に述べた課題を踏まえて、①現状の Amasaman回廊における系統制御の信号を、他の回廊へも広げ、広域制御に拡張すること、②交通安全の向上等、を提案する。

表5.4 ア克拉におけるプロジェクト案（短期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
既存系統制御システムを活用した広域信号制御プロジェクト整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 既存系統制御システム及び、Phase 2 の信号整備完了後、他の回廊への MODERATO による信号制御システムの導入 制御システムは、相互運用可能であることとする 	DUR
V2X や VMS を活用した交通安全改善に係る技術協力プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 交通事故に係る危険箇所の安全性向上のために、V2X 技術を導入するパイロット事業を含む 上記パイロット事業は、車両とバイクとの事故のケースを想定する 収集したデータを効果の評価、や更なる拡張のために活用する 	NRSA や MTBD が候補であるが、実施前に確認する必要あり

出典：JICA調査団

表 5.5 アクラにおけるプロジェクト案（中長期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
FMS を用いた交通安全向上のための技術協力プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 長距離バスへの Fleet Management System (FMS) の導入とそれによるスピード及び事故のモニタリング 公共交通への FMS の導入と、それによるプローブカーデータの収集、及び交通管理等への活用 	NRSA や MTTD が候補であるが、実施前に確認する必要あり

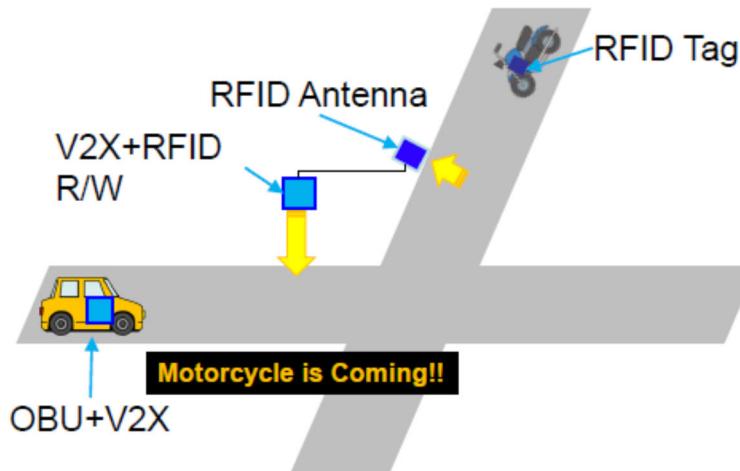
出典：JICA 調査団

(2) 交通安全改善に係るプロジェクト概要

車両と他の車両、インフラ、人、等あらゆるものとの間で情報交換ができる V2X 技術は、すでに自動車メーカーが製造する車両への搭載が始まっている。例えば、トヨタ自動車は 2019 年時点で約 20 万台の V2X 通信機器を搭載した車両を販売している。フォルクスワーゲンも一部の車両に V2X 通信機を標準装備している。米国では、2023 年までに新車の 50% に V2X 通信機器が搭載され、今後急速に普及していくことが予想されている。こうした中、先進国から中古車を輸入する途上国では、今後 10 年で V2X 技術を搭載した車両が増加すると予想されている。

一方、日本の V2X 技術は、2018 年度からインド、フィリピン、台湾で実証されている。インドでの実証では、緊急車両の優先信号制御に V2X を利用した実証が行われている。フィリピンでは、信号機の設置されていない交差点での正面衝突事故を防ぐために V2X を活用できることが実証されている。

ガーナのアクラにおいても、交通安全向上のため、図 5.2 のような V2X 技術を用いた車両と 2 横車との事故対策を想定したパイロットプロジェクトを事故が多発する交差点で実施し、効果を検証することを提案する。



注) OBU : On Board Unit、RFID : Radio Frequency Identification,
R/W : Reader/Writer

出典：平成 31 年（令和元年度）我が国の V2X 技術の海外展開に関する
調査研究 報告書（令和 2 年 3 月 総務省）

図 5.2 フィリピンにおける日本の V2X デモンストレーションの例

5.3 クマシにおける提案プロジェクト

(1) 提案プロジェクト概要

クマシにおいては、先に述べた課題を踏まえて、①系統制御の信号システムの導入、②クマシにおける交通課題改善のパイロットプロジェクトを含む技術協力プロジェクト等を提案する。概要を以下の表に示す。

表 5.6 クマシにおけるプロジェクト案（短期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
クマシにおける回廊への系統制御の信号システム整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> クマシ都市圏の主要回廊に対して、回廊ベースの系統制御の信号システムを導入する。 既存の革新的信号導入ラウンドアバウトについては、系統制御導入前の調査時点で、どのように系統制御に組みが可能か、検討することとする。 異なる組織によって管理されている信号が一つの回廊沿いに設置されていることから、運用の制度的枠組みを確立することが必要である。 	DUR
クマシの交通課題改善に係るパイロットプロジェクトを含む技術協力プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> パイロットプロジェクトとしては、例えば、道路利用者向けに効率の良い駐車場管理システムの導入などが考えられる パイロットプロジェクトを通して、クマシの各種交通問題に対応するための、組織間の連携強化を図る 	DUR、KMA、KNUST が候補であるが実施前に確認する必要あり。

出典：JICA 調査団

表 5.7 クマシにおけるプロジェクト案（中長期）

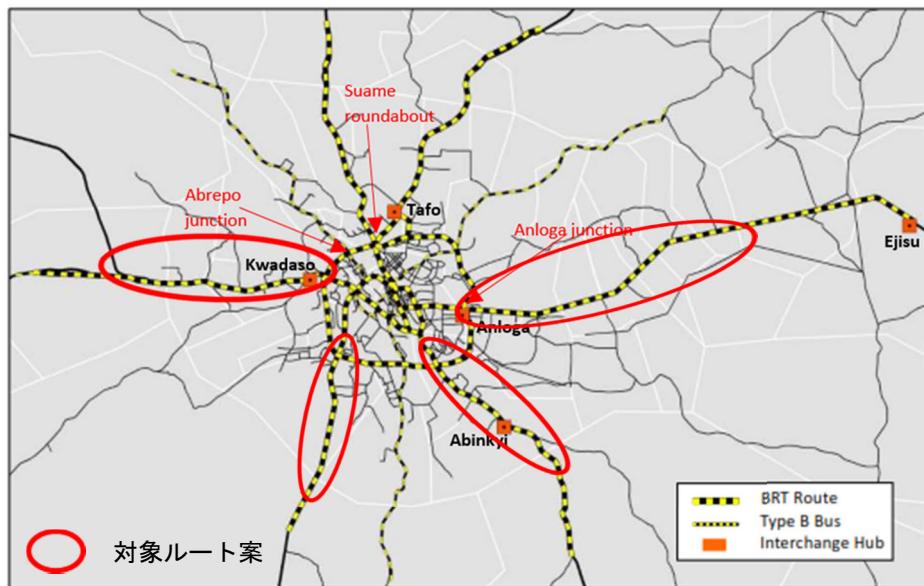
プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
クマシ都市圏における広域信号制御システム整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> クマシ都市圏の回廊ベースの制御システムを広域制御システムとするプロジェクト プローブカーデータの収集・活用の導入と交通量計測装置の低減 交通管制センターの設立 	DUR

出典：JICA 調査団

(2) プロジェクト実施計画概要

1) プロジェクト対象ルートの概要

先に述べたように、クマシでは AFD 支援により、BRT の導入、および、優先的に導入されるルートが提案されている。また、JICA がこれまでインフラの改善に支援してきたルートもあり、このルートに、クマシ都市圏総合開発計画で提言された TDM による交通改善の一環として、系統制御の信号を導入することも考えられる。この様な状況を考慮すると、対象ルートは以下の図のようになる。



出典：JICA 調査団

図 5.3 クマシ都市圏における系統制御の信号整備の対象ルート案

2) プロジェクト実施体制案

以下の表にプロジェクト実施体制案を示す。詳細は、次の段階の調査で明確にする。

表 5.8 クマシにおけるプロジェクト実施体制案

組織名	主な役割
DUR/Planning & Engineering, Ashanti Region	実施機関、運用維持管理の責任機関
GHA/Ashanti Region	DUR との協力、維持管理支援
MRH	DUR と GHA の監督官庁
GPS/MTTD	取締りに係る支援
NRSA/Planning and Programme	法令、規制に係る支援
KMA/Transport Department	交通管理に関する連携
KNUST/ Regional Transport Research & Education Centre Kumasi	人材育成、データ分析等

注：MRH : Ministry of Roads and Highways、

GPS/MTTD : Ghana Police Service/ Motor Traffic & Transport Department、KMA : Kumasi Metropolitan Assembly、

KNUST : Kwame Nkrumah University of Science and Technology

出典：JICA 調査団

5.4 ダルエスサラームにおける提案プロジェクト

(1) 提案プロジェクト概要

JICA の改定マスタープランでは、ダルエスサラームのネルソン・マンデラ道路よりも市を中心部における交通管理を 2025 年までに実現することを求めている。主要交差点におけるフライオーバー建設のようなインフラ対策とともに、交通管制等、ITS を活用したソリューションの導入を提案する。

表 5.9 ダルエスサラームにおけるプロジェクト案（短期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
BRT回廊への系統制御の信号システム整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 包括的な広域制御の信号システムの導入 BRT の優先制御を含む 道路網の戦略的な箇所への可変情報板による道路交通情報の提供 包括的な交通管制センターの設立 	TANROADS DART Traffic Police
BRT利用者への情報提供システム整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> BRT 利用者への情報提供システムの導入。駅構内、車内、利用者のスマートフォン、運転手、駅のスタッフへの情報提供を想定する。 このシステムは、上記プロジェクトの交通管制センターの機能の一部となることを目指す。 	DART

出典：JICA 調査団

表 5.10 ダルエスサラームにおけるプロジェクト案（中長期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
プローブカーデータの利用及び共有プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ダルエスサラーム市の公共交通への FMS の導入とプローブカーデータの収集 収集したプローブカーデータの交通管理及びステークホルダー間での共有 プローブカーデータの収集・管理センターの設立 上記内容の PPP スキームでの実施 	LATRA TRA TANROADS 民間企業

注：TRA : Tanzania Revenue Authority、TANROADS : Tanzania National Roads Agency

出典：JICA 調査団

(2) プロジェクトパッケージのアイデア

以下に示す、ダルエスサラーム市の ITS 戰略計画の中の 3 つのコンポーネントは、交通管理の基盤となる項目で、公的資金により整備する必要性の高い分野である。他の項目は、民間との連携や、世銀の DUTP でも一部着手されている内容である²。これら 3 項目への支援内容のうち、主要な内容を以下に示す。

² 例えば、BRT の高度運用や料金収受、民間情報提供に関わる分野は世銀調査（DUTP）が実施中である。また、BRT 事業の運用者が、現状暫定事業者の UDART であり、将来は DART が直接運営するものとみられているが、状況は明瞭でない。このため、BRT に関するプロジェクト提案は最小限としている。

ITS Priority Area	Goal
Transit Management	Continued investment in the citywide BRT system with emphasis on tools and systems that provide for connectivity and operations of this system. Emphasis is placed on improvement of the efficiency of the BRT operations, the ability to direct service changes in real-time to improve system performance, address safety of the system as well ensure performance-based management of these services.
Traveller Information	Providing a citywide traveller information service that will increase awareness and information on travel choices and reliability. This will assist in reducing congestion by being informed of network status and choices on how and when to travel.
Transport Data Centre/ Management	Development of a state-of-the-art data management centre to collect, manage and communicate extensive data generated by the transportation system and related areas. Utilise the centre for real-time operational management as well as on-going planning activities.
Arterial Management	Development of arterial management systems, improve signal timing and coordination as well as improving competitiveness of transit as well as reducing travel times on the roadway network.
Parking Management	Provide measures to improve information regarding available parking and have access to information to manage provision and pricing thereof.
Multimodal Integration	Achieve effective management of the transportation network and improve the efficiency of the transportation system through integrated operations and management. This will result in reduced congestion and travel time during the daily commute.
Electronic Payment Systems	Support initiatives to expand the use of automated payment systems for transit systems (such as BRT and ferries) and parking to provide for integrated multimodal fare systems.
Commercial Vehicle Operations	Provide electronic systems to commercial vehicles in moving freight to assist in regulating the operations and activities to improve knowledge regarding position of heavy vehicles, manage overload control and roadside operations in general.
Communications Network	Ensuring that a robust telecommunications network is in place that supports the transmission of field data to a central-hub, as well as inter-agency data exchange.

出典：ダルエスサラーム ITS 戦略計画

図 5.4 提案プロジェクトのバックグラウンドとなる ITS 戦略計画

1) 交通管制センター

ダルエスサラーム市には、いくつかの異なる個別制御の信号システムが導入されている。そのため、これらを統合的に制御するためには、前述図 4.3 で示したように、これら既存の制御システムを俯瞰的に制御する仕組みを導入する必要がある。数種類の通信プロトコルを統合的に制御するためのインターフェースソフトウェアの開発は、課題である。なお、TCC の場所としては、Ubungo 交差点における DART の施設内に十分なスペースがある。また DART はダルエスサラーム市内に、9 階建ての新たな本社社屋³を保有することになるため、それを利用することも考えられる。

2) BRT Phase 1 ルート沿いの系統制御の信号システム

世銀の DUTP パッケージ A4 で導入された個別制御の信号を利用可能である。交通管制センター導入時に、既存制御機を取り換える方法を推奨する。

3) BRT Phase 2 ルート沿いの系統信号制御システム

アフリカ開銀の支援による BRT Phase 2 のパッケージでは、ITS に係るコンポーネントが考慮されていない。ケーブルを収容するための施設は BRT ルート建設時に考慮されている模様であ

³ Sokoine Drive 沿いに位置する建物で、以前は Ministry of Constitutional Affairs が利用していた。現状は、政府機関のドドマ移転に伴い、DART が譲り受けた。建物は、現在安全性と構造のアセスメントを実施中で、その後、DART がリハビリを施す予定である。

るが、そこにケーブルを収容する予定は無いようである。そのため、19.3km の BRT ルート沿いに、ITS 関連コンポーネントが必要となっている。そのため、①交通管制システム、交差点改良の設計、②信号システム、センサー設置、センターと路側機器の間の通信システムの整備、③交差点改良の実施が必要となっている。

これ以外に、道路ユーザへの道路交通情報提供のための可変情報板の設置、LATRA 等によるプローブカーデータの収集、活用、管理、通信システム整備等が必要と考えられる。

5.5 ドドマにおける提案プロジェクト

(1) 提案プロジェクトの概要

ドドマはタンザニアの首都として開発が進んでいる。現状で交通渋滞は限定的であるが、ダルエスサラーム道路沿いの開発が進み、近い将来環状道路が整備されることから、その道路では交通量の増加が懸念されている。それに伴い、一部、渋滞が集中することが懸念されている。また、現状でも交通事故が懸念される交差点があり、交通安全を確保することが求められている。このような状況を踏まえ、以下のプロジェクトを提案する。

表 5.11 ドドマにおけるプロジェクト案（短期）

プロジェクト名	プロジェクトの概要	実施機関
ドドマ市交通管理システム整備プロジェクト	<ul style="list-style-type: none">BRT の優先制御を含む包括的な広域制御の信号システムの導入道路網の戦略的な箇所への可変情報板による道路交通情報の提供包括的な交通管制センターの設立	TANROADS DART Traffic Police

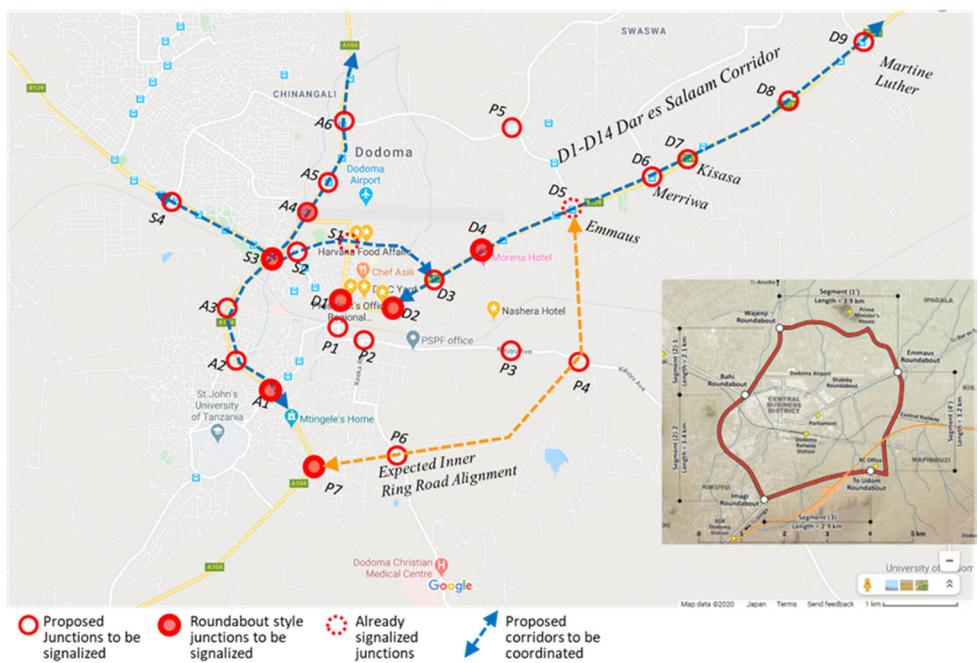
出典：JICA 調査団

(2) プロジェクト実施計画概要

1) プロジェクト対象ルート

以下に、信号整備の対象として提案する交差点、ダルエスサラーム回廊及び計画されている環状道路、主要開発計画との関係を示す。

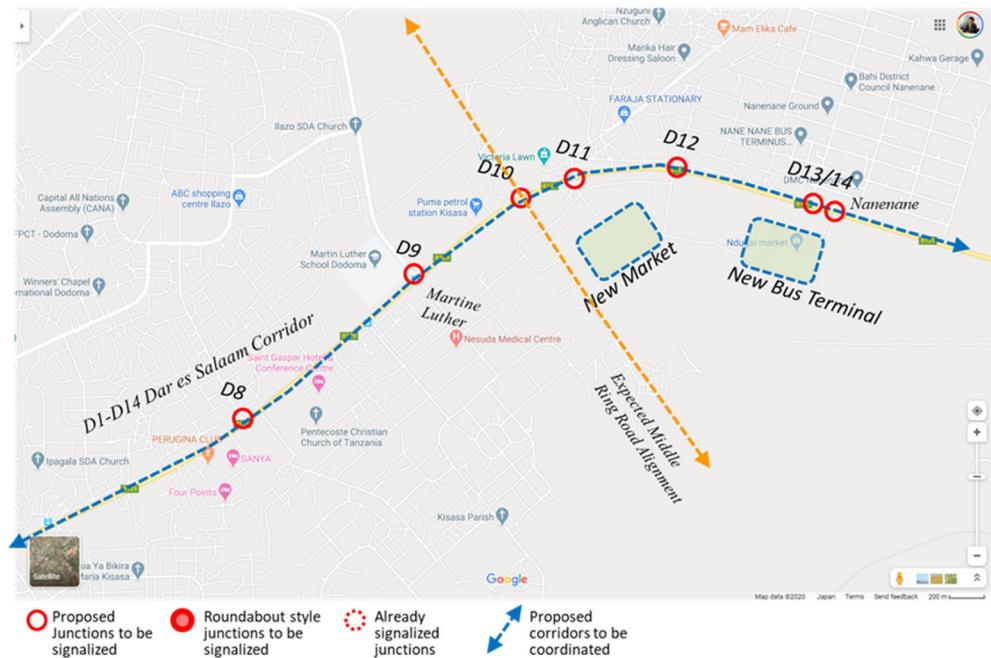
Potential junctions or corridors to be signalized



出典：JICA 調査団

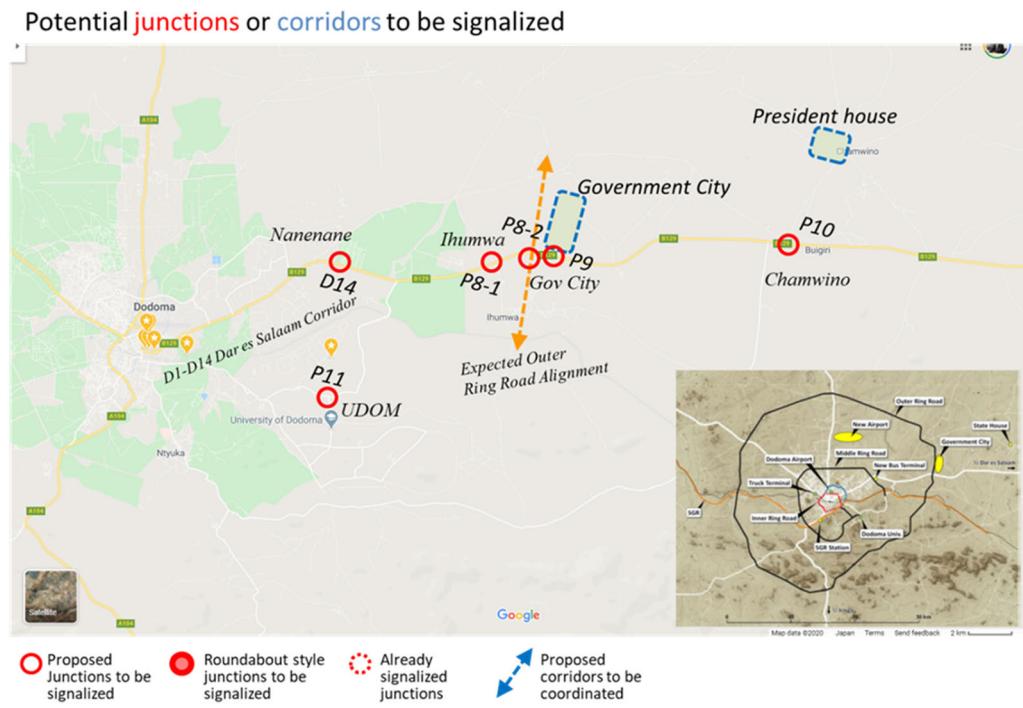
図 5.5 提案プロジェクトの交差点位置図と計画されている内環状道路との関係

Potential junctions or corridors to be signalized



出典：JICA 調査団

図 5.6 ダルエスサラーム回廊の系統制御の信号システム案と中央環状道路との関係



出典：JICA 調査団

図 5.7 ダルエスサラーム回廊と計画されている外環状道路との関係

図 5.5～図 5.7において“P”で示す信号は、感応式制御の信号で、それ以外の信号は、系統制御を想定している。

2) プロジェクト実施体制

TANROADS がプロジェクト実施機関として相応しいと考える。ただ、プロジェクトを具体的に計画する前に、本部とドドマ地方事務所の責任分担について、調整しておくべきである。TANROADS ドドマ地方事務所には、現地での通常の業務以外に、新規プロジェクトを遂行することや、信号設置を管理するだけの余裕がないため、プロジェクト実施ユニットが必要である。

なお、学識者として Dar es Salaam Institute of Technology や Arusha Institute of Technology 等は、計画及び設計段階からアドバイザーとして参画することが望ましい。また TARURA のドドマ地方事務所、ドドマ市道路課、国家警察が交通管理のために連携する必要があると考える。

6 アフリカ地域における ITS 案件検討及び実施の課題

6.1 まとめ

この調査では、対象 5 都市における交通計画の現状、交通管理における問題点、信号整備の現状、ITS 関連技術情報について調査し、ITS 技術導入の可能性、課題について評価した。また、我が国および諸外国の ITS による交通管制技術を比較し、本邦技術の優位性を示した後、各都市への導入案を示した。各都市での調査内容は、本最終報告書に記載した通りであるが、交通管理需要は対象 5 都市だけでなく、その他大都市（ケニアではキスム、エルドレッド、ナクル、タンザニアではムワンザ、アルーシャなど）での ITS 導入の必要性について言及する関係者が多かった。

アフリカ各都市へ横展開する場合の示唆として、本調査で扱った都市と ITS 整備案をモデルとして、都市規模に応じた整備方針を提案した。50～100 万人程度の人口で、信号整備がほとんどなされていない場合には、ドドマおよびモンバサの提案のような事業規模の提案が想定される。100 万人以上の大都市で、単独制御の信号整備が行われている都市は、ダルエスサラームの提案のような方針が適用できる。すでに系統信号が整備されている大都市では、アクラのように各系統制御を統合する整備方針も考えられるが、効率性や市場動向を考えると現実的ではない。JICA 及び本邦企業がアフリカにおける ITS 導入需要に応えるためには、特に大都市においては、系統制御導入が進む前の段階で導入を具体化する必要がある。

本邦の系統信号制御技術である MODERATO は、車両観測機器（センサー）設置数が他国の技術仕様よりも多く、上流側の交通量や渋滞状況をより正確に把握して交通制御を行うことが特長だが、センサーの設置コストを含めると価格が高くなる。一方で、国内では、プローブカーから収集できる交通流情報により、必要なセンサー設置数を代替したり、管理センターと信号交差点に設置される制御機間の通信形態を有線ではなく 4G 回線などで代替したりして、初期導入コストや運営コストを低減させる動きがある。本調査でもこのような技術導入の可能性について言及した。但し、このような動きは、実験段階を終え、都道府県レベルでの実導入が管轄する警察によって検討され始めたところであり、国内での具体化はまだ時間が掛かる。

一方で、アフリカは「リープfrogging⁴」的なインフラ整備が期待できる国であり、本邦国内のように既往システムとの調整が最小化出来る。タンザニアで見られたように、アフリカにおいても FMS 車載器普及やデータ基盤整備が進み、Probe Data 収集が現実的になっていると言つても過言ではない。このため、本調査では、Probe Data 活用や 4G 通信利用の提案を行った。対象都市やアフリカ地域での ITS 整備展開を具体化していく過程では、国内の Probe Data 利用や 4G 利用などの技術導入動向を横目で見ながら、優位性のある整備方針を示していく必要があるだろう。

6.2 案件検討及び実施の課題

対象都市、アフリカ地域における ITS 整備を進めるにあたって、今後共通して検討すべき課題を簡単にまとめる。

(1) 広域交通管理主体の設置の必要性

対象都市の都市交通マスターplan等では、対象都市圏における交通課題改善のために、都市圏全体をカバーする広域交通管理主体の設置構想が提言されている。一般的に、この様な提案は、ITS プロジェクト実施に向けた調整を加速させるものであるが、この様な組織の設立の遅れが、ITS の適用に影響を与えていている。例えば、タンザニアにおける Dar es Salaam Urban Transport Authority (DTUA) が JICA の改訂都市交通マスターplanにおいて提唱されているが、設立は不透明である。

本調査ではこのような広域交通管理主体の設置に関しては、特に拘らず、既往の関係機関での ITS 事業の実施を提案した。ITS 事業をきっかけに各関係機関の連携が進むことも期待する。

⁴ 「カエル飛び」的な先進技術導入のこと。有線電話を飛ばして、携帯電話が普及した例が挙げられる。

(2) 信号運用の維持管理財源、更新財源の確保

調査対象国においては、道路及びその附帯構造物の維持管理の財源として、道路基金を活用する仕組みがあり、タンザニアのように、これまでに導入された信号設備の維持管理や、過積載管理のシステムに活用され、適切に維持管理されていた事例もある。一方、ケニアのナイロビにおいては、新知事の政策により、道路維持管理財源から道路建設プロジェクトに資金が流用された問題事例もあった。道路そのものの維持管理財源の確保には、各国苦労しているのが実情のようである。

そのため、信号機器や ITS 機器の導入に際して、道路基金に加え、広告収入をこれら機器の維持管理財源とする提案を行った。モンバサ市の場合は、路側広告収入を管理する CGM が、プロジェクト実施機関であるため関心が高かった。

これに加えて、交通管制センターの情報機器などは、単なる信号機器と比べ、機能的な耐用年数が短いと言える。我が国では、各都道府県警はリース機材として導入し、更新費用負担の平準化を図っているが、初期投資負担を基本とする ODA 資金協力では対応が難しい課題である。

(3) 通信ケーブルの敷設、管制センター施設

交通管制センターと制御機間の通信方式として、有線方式が有効であるが、実際の信号制御に用いられる通信量は少なく、実際は既往の携帯電話の 3G、4G 回線（無線方式）でも十分運用できる。一方で、通信制限や携帯電話網の通信障害発生時に系統管制が機能しなくなるため、有線の方が信頼性は高く、本邦内でも標準的に採用されている。但し、無線方式であっても、障害発生時には系統管制ではなく、固定パターンでの運用として「割り切る」ことが出来るのであれば、今後、コスト的に有意な運用方式である。一方で、ダルエスサラームなど、信号制御以外に、BRT の旅客情報提供や運賃収受システム等でも使用する目的や信頼性の高い独自のネットワークの必要性がある場合は、ケーブル敷設の必要性は高いと言える。

管制センター施設の新設も案件を具体化する際の検討要素の一つである。アクラにおける管制センター（AFD 支援）は専門の建物が新設された。但し、データ保存用のサーバ機器は外部クラウドに切り分け、センター内には最小限の処理機能だけ残せば機能する時代である。各国、自治体も共通サーバの利用を推進している。また、実際の管制処理はほとんどが自動制御されるため、端末機器の利用頻度も少ない。モンバサでの提案は、1 つのセンターで一極集中的な管理をするのではなく、DTI と DTIPW の 2 者に小規模のセンター機能を分散させることを提案した。管制センターにおける人材育成機能、先進的な見た目による政治的アピールのため、建物新設が要望される場合もあるが、本質的ではない。

6.3 その他知見

その他に、本調査で得られたアフリカ地域における交通セクターにおける ICT 事業に関する知見として以下を示す。

各国・各都市で駐車管理と料金徴収に先進的な動きが見られた。タンザニアは、ムワンザ市で、ナンバープレート読み取りを自動化させ、料金徴収員の大幅削減を実現した。モンバサやア克拉でも ICT を用いた徴収自動化を実現している。駐車管理は、財源確保と交通流の適正化

を両立する業務であり、どの地域でも関心が高い。

タンザニアの陸上交通の監督官庁である LATRA は、Fleet Management System デバイスを、全ての長距離バスに設置義務付けし、スピード違反を厳しく取り締まつことで、交通事故削減に成功した。これは、SDGs 目標 3.6⁵をすでに達成するものである。この取り組みは周辺各国からも注目されており、例えば、東アフリカ共同体加盟国への同システムの横展開は効果的な施策と考える。

タンザニアはデータ活用・連携が進んでいる国であった。税務当局、警察、車両登録機関が車両登録情報を共有し、納税、車検、取締り等に活用している。また車両所有者の情報は、TARURA の駐車料金徴収にもパイロット的に活用されている。これらは、大統領府の政府電子化の強いリーダーシップと政府のキャッシュレス支払いプラットフォームである GePG (Government electronic payment gateway) がこれらデータ活用と共有を推進する原動力になっていると考えられる。ガーナの GhIPSS も類似の仕組みであるが、普及程度はタンザニアが進んでいる。

道路管理における ICT 活用、特に、過積載車両の管理、ウェイブリッジ施設における監視についても関心が高い。JICA はすでに道路の舗装状況をスマートフォンの加速度センサーを用いて計測するシステムの導入をガーナ、ケニアにて進めているが、これに関する関心も高かった。

一方で、公共交通利用者向けの交通情報提供やキャッシュレスに関する実施程度は低い。ダルエスサラームの BRT、アクラの高品質バスなども、チケットゲートや車載読み取り機などが導入されたにもかかわらず、利用されていない。旅客向け交通情報アプリ開発やバス停留所での交通情報提供なども遅れている。

モンバサ、アクラ及びクマシでは、JICA による「ITS 実務課題別研修」の、過去の参加者が実際の交通管制システムの導入、運用の担当者になっており、本調査の実施、現況評価や計画立案において、非常に有益な情報源となった。

⁵ 2020 年までに、世界の道路交通事故による死傷者を半減させる。