

ミャンマー国

ミャンマー国
鉄道軌道の点検作業向上にかかる
基礎調査

業務完了報告書

平成 30 年 12 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

アクト電子株式会社

国内
JR
18-218

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

調査時の活動風景



MR 本社職員との集合写真
(MR 保線統括責任者を囲んで)



MR 本社職員へのプレゼンテーション
(アビームコンサルティングによる CBM の説明)



アクト電子社員による
レーザ・ドップラ測定機器の説明



デモンストレーション用に
MR より提供いただいた保守用車両



レーザ・ドップラ移動速度計デモンストレーション
(MR 保線統括責任者等に対する説明)



第三回現地調査におけるデモンストレーションの準備
(写真中央は JICA 技術協力プロジェクトで
技術指導を受けた職員)

目次

要約.....	v
はじめに.....	xiii
第1章 対象国・地域の開発課題	1
1-1 対象国・地域の開発課題.....	1
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	1
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針.....	2
1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析.....	2
第2章 提案企業、製品・技術	4
2-1 提案企業の概要.....	4
2-2 提案製品・技術の概要.....	4
2-3 提案製品・技術の現地適合性.....	5
2-3-1 技術面からの確認.....	5
2-3-2 予算面からの確認.....	7
2-3-3 制度面からの確認.....	8
2-4 開発課題解決貢献可能性.....	8
第3章 ビジネス展開計画	11
3-1 ビジネス展開計画概要.....	11
3-2 市場分析.....	11
3-2-1 市場定義.....	11
3-2-2 競合分析.....	11
3-3 バリューチェーン.....	12
3-4 進出形態とパートナー候補.....	13
3-5 収支計画.....	13
3-6 想定される課題・リスクと対応策.....	14
3-6-1 法制度面.....	14
3-6-2 ビジネス面.....	14
3-6-3 政治・経済などその他の面.....	14
3-7 期待される開発効果.....	15
3-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	15
第4章 ODA 事業との連携可能性	17
4-1 連携が想定される ODA 事業.....	17
4-2 連携により期待される効果.....	18
別添資料.....	19
1. 第一回現地調査において紹介した製品群.....	19
2. 第二回現地調査におけるデモンストレーション概要.....	21
3. 第三回現地調査におけるデモンストレーション概要.....	24

図表リスト

図 2-1	アクト電子社製品を営業列車に設置した際のイメージ	5
図 2-2	提案製品の現地適合性の確認方法	5
図 2-3	第三回現地調査におけるデモ概要	6
図 2-4	第三回現地調査におけるデモ結果 (抜粋)	7
図 2-5	MR の軌道点検体制と予算申請の概要	8
図 2-6	アクト電子社製品を活用した軌道点検体制と予算申請方法	10
図 3-1	バリューチェーン	13
図 3-2	期待される開発効果	15
図 4-1	維持管理のトレンド	18
表 1-1	JICA により実施済み及び実施中の鉄道分野にかかる関連プロジェクト	3
表 2-1	軌道維持管理の評価指標に基づいた点検方法の分類(案)	9
表 3-1	競合との比較優位性	12
表 3-2	軌道維持管理の評価指標に基づいた点検方法の分類(案)	13
表 3-3	収支計画	14

略語表

略語	正式名称	和称
BM	Breakdown Maintenance	事後保全
CBM	Condition Based Maintenance	状態基準保全
GM	General Manager	部門長
IoT	Internet of Things	-
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
L/A	Loan Agreement	円借款貸付契約
MMK	Myanmar Kyat	ミャンマーチャット
MR	Myanmar Railways	ミャンマー国有鉄道
NCDP	National Comprehensive Development Plan	国家総合開発計画
NSDP	National Spatial Development Plan	国家空間開発計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
RBE	Rail Bus Engine	ディーゼルエンジン車
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
TBM	Time Based Maintenance	時間基準保全

要約

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

ミャンマー国では、総延長距離 6,072km（2015 年時点）を有する鉄道網が国民の移動を下支えする重要な交通インフラとなっており、その維持管理はミャンマー国鉄（Myanmar Railways: MR）が担っている。1988 年以降、MR は新線建設に大半の資源を投下する一方で、既存路線・設備の維持管理・更新は十分に行ってこなかったため、安全性確保やサービス低下が大きな問題となっている。

一方、民主化による経済活性化に伴う鉄道の旅客数の増加や 2011 年に始まった自動車の輸入制限緩和による自動車数増加によって、ヤンゴン市内の渋滞深刻化等の課題が顕著となっていることから、大量輸送・定時制の確保の手段として鉄道輸送力の強化が求められている。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

ミャンマー政府は 2030 年までに中所得国入りすることを念頭に、2014 年に「国家総合開発計画：National Comprehensive Development Plan (NCDP)」を策定している。この Plan を踏まえ、運輸交通セクターにおいては、高い経済成長、豊かな社会開発の基幹となる運輸交通インフラ整備推進を目的とした「全国運輸マスタープラン」が策定された。その中で、鉄道は経済発展を支える重要インフラとして位置づけられ、運行サービス、維持管理能力等の技術力のレベルの向上に加え、鉄道設備の更新、近代化が進められており、MR もこれまでの新線建設中心から、既往路線の輸送設備・施設の更新を優先的に行う方針に転換しつつある。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

2012 年 4 月に公表された我が国対ミャンマー援助の基本方針「ミャンマーの民主化及び国民和解、持続的発展に向けて、急速に進む同国の幅広い分野における改革努力の後押し」では下記 3 つが経済協力の重点分野として掲げられている。

- 1) 国民の生活向上のための支援
- 2) 経済・社会を支える人材の能力向上や制度の整備のための支援
- 3) 持続的経済成長のために必要なインフラや制度の整備等の支援

同方針に基づき、鉄道分野においては、円借款での大型プロジェクトや管理主体である MR に対する技術協力が進められ、インフラ整備に伴う今後の経済発展への寄与が期待されている。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

2013 年以降、鉄道の建設および維持管理能力向上に係る様々なプロジェクトが我が国の ODA 事業により継続的に実施されている。本調査がターゲットとしている鉄道軌道の維持管理については、2013 年から 3 年間にわたり「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」が実施され、保線に係る機材提供と技術移転が行われている。同プロジェクトでは、上位目標『MR の鉄道運営の安全性及び旅客満足度が向上する』の達成のための提言として、『軌道の基礎的理論解析ならびに変位等基礎的データの測定を実行できる組織の設立』が要望されている。

第2章 対象国・地域の開発課題

2-1 提案企業の概要

アクト電子株式会社は、1985年4月設立から30年以上にわたり、非接触レーザ・ドップラ方式をベースとした計測装置の開発・販売をビジネスの中心と位置づけて活動を継続している。開発手法については、中小企業の特徴を生かして、現場作業員のニーズを尊重した「共同開発」形態を主としており、製品導入先である国内鉄道事業者からも評価を得ている。

2-2 提案製品・技術の概要

提案する製品はレーザ・ドップラ方式をベースとした計測装置であり、おもに国内の鉄道事業者、電機産業企業、自動車産業企業ならびに重化学工業企業に販売している。鉄道軌道測定向けの当該製品概要は以下のとおりである。

- ・名称： レーザ・ドップラ方式測定装置
- ・特徴： 高速(最大120km/h)移動中の旅客営業車両から移動距離・車速・レール温度、レール長、レール遊間¹の測定が行える。測定データは一体型信号処理装置内のハードディスクに自動記録するため、測定にあたり専用車両や保守員の配置が不要となる。
- ・価格帯： 300 ～ 3,000 万円
- ・導入実績： 国内鉄道事業者
- ・競合製品： 保守車両(レールスクータ)に取付けて低速(30km/h 前後)にて、保守要員が測定する製品が国内外の複数の企業から販売されている。この製品を利用する側に、保線車両や保守要員の配置計画を策定するなど高度な保守エンジニアリング能力が必要となる。

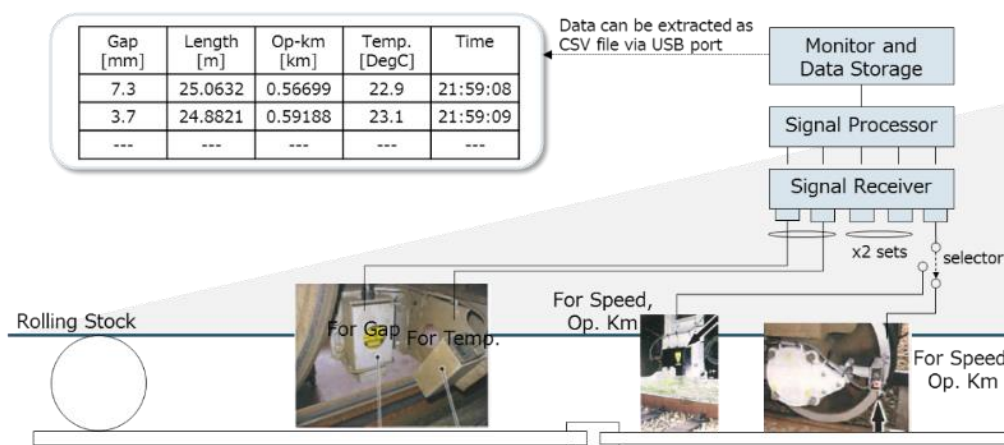


図. アクト電子社製品を営業列車に設置した際のイメージ

出典：JICA 調査団作成

¹ レール遊間とは、レールとレールのつなぎ目の幅の名称であり、その幅が狭すぎるとレールが温度上昇に伴い膨張してしまい、外部へ張り出してしまう。逆に広すぎると車輪による衝撃が増大し、乗心地が損なわれることに加えて、レール損傷や継目ボルト、継目板の損傷にもつながる。このため、日本では保線の管理対象となっている。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

技術面からの確認のため、計3回の現地調査を通じて、MRの保線を所管している部門に対するプレゼンテーションに加え、実機によるデモンストレーションを実施した。また、これらの活動を通じて、現地側の購買意欲を醸成して行った。最後の第三回現地調査におけるデモンストレーションでは、現行の測定方法と比較して、測定すべき箇所が容易かつ正確に把握でき、作業効率が大幅に向上するという点について、当該地域の統括責任者(管区長)の理解を得ることができた。

上記に加えて予算面からの確認も行った。MRの予算策定方法は、まず各管区で次年度の修繕計画(点検は修繕計画の一部とされている)をMR本社へ申請し、次にMR本社が年度予算として国会提出、国会審議を経て最終的に決定(承認)がされる流れである。直近数年間の年度修繕費はおよそ150億MMK(約11億円)ということである。

MRの予算額を考慮すると、提案製品のうち高額なもの(約数千万円)については、予算の手当てが容易であるとは言い難いため、予算制約の観点からは、当初はMRに対する機材販売とはせずに、製品を使った測定サービスを提供するという形式がより現実的であるという心象を得た。

最後に制度面については、既にMRへ機材提供の実績を有していた企業(Converge Company Ltd.)を通じ、本製品の現地における利用制限および輸入制限について確認したところ、特に制約はないことが判った。

2-4 開発課題解決貢献可能性

資産が老朽化してきている状況では、補修が必要となる事態が、異なる線区において同時に発生しやすいため、前節で記したような現状の予算申請・配分方式であると、支出を含めたりソースの配分をMR全体として適時かつ適切に行うことが難しい。理論的には、軌道が破損する前にかつ過剰作業にならない頻度でメンテナンス作業を計画・実施できれば、限られた予算を効果的に利用できる。そのためには、軌道状態を定量的かつ容易に把握することが重要である。

本製品を営業車両に設置し、レール変位が発生している可能性の高い場所をデータにより正確かつ容易に特定することで、MR内で定量的に修繕箇所の優先度を決められるようになる。そして、優先順位に基づくより適切な予算配分にもつながる。この様な状態基準保全(Condition Based Maintenance: CBM)の導入により、維持管理の質が向上することで、開発課題の解決が期待できる。

第3章 ビジネス展開計画

3-1 ビジネス展開計画概要

事業開始後5年程度はMRに対して測定サービスを提供するビジネスモデルを、検査代行企業および販売代理店との協業にて行う。中期的には建設業界へのサービス展開、長期的には製造業への測定機器販売をも含めたサービス展開を視野に入れた活動とする。

3-2 市場分析

企業として現地で独立した活動ができる一定規模の市場を得るためには、鉄道以外の分野でのニーズ期待も重要となるが、現時点では製造業等でのニーズはまだないため、当面はMR向けに限定しつつ、中期的には建設業界、長期的には製造業への市場拡大を模索する。

現地における競合製品として従来型の軌道測定機器が想定されるが、本調査を通じて、アクト

電子社製品を使うことでより迅速かつ容易にメンテナンス対象を特定できることが MR に理解されたことから、購入コストのみならず MR のリソース配分最適化に資する製品であることを訴求していくことで、競合製品に対する優位性をアピールできると考えている。

3-3 バリューチェーン

当初想定 of MR への製品販売から、MR の人員体制、予算、製品販売後の知財リスクを総合的に考慮した結果、測定サービス提供のスキームから本事業を始める想定に変更した。アクト電子が製品を現地進出している日系検査代行会社へ販売し、同社が現地販売代理店を通じて MR へ測定サービスを提供する。販売代理店としては既に MR に対する販売実績を有する『Converge Company Ltd.』を配す。



図. バリューチェーン

出典：JICA 調査団作成

3-4 進出形態とパートナー候補

既に現地進出している日系検査代行会社と提携する前提で、MR および民間企業に対する測定サービス代行を行う進出形態とする。MR 向けの販売代理店としては、本調査にも協力いただいた『Converge Company Ltd.』を想定している。

3-5 収支計画

3-3 節で示したバリューチェーンに基づいて事業を開始した場合、3-6 で記したリスクが顕在化しない前提において、事業開始後 5 年目において投資回収可能と想定している。

3-6 想定される課題・リスクと対応策

法制度面のリスクについてはいくつか留意すべき点がある。本事業が輸入販売モデルのため投資規制には該当しないが、現地パートナー企業の輸入ライセンス取得要否は商業省大臣官房通達第 69 号(2015 年 7 月)の関連規定の定めに従うこととなる。次に、ビジネス面のリスクについては、ミャンマー国では直接的に知財を保護する仕組みが未整備のため、アクト電子社製品の販売先については信用できる法人のみに限定するなどの対応が必要となる。

政治・経済などその他のリスクとして為替変動リスクが考えられる。アクト電子社製品の購入に際して外貨を用いる場合、外貨比率については現地保守サービス分(現地出張費用相当分)に限定するなど、一定のリスクヘッジを行う必要がある。

3-7 期待される開発効果

鉄道事故原因の半数を占めている軌道状態を改善するためには、まず約 6,000km 以上ある軌道の保守対象を迅速かつ的確に特定することが重要であり、アクト電子の製品は、当該問題に対する重要な解決策になり得ると考えている。

今後の経済発展と共に、公共性かつ輸送能力が高い鉄道交通へのニーズがさらに高まってくると、本提案事業の実施が鉄道交通の信頼性、安全性、サービスレベルの向上に寄与、貢献することで、前述した現地「全国運輸マスタープラン」達成の一助となり、更なる経済の発展に繋がることが期待される。また、本製品の利用拡大により、全国に延びる鉄道ネットワークの改善が図られることで、物資の供給の効率化が進み、地方部の経済や市民の生活レベルの安定向上に繋がることが期待され、現地政府が掲げている 2030 年までの中所得国入りに貢献するものと考えている。このことは、国連サミットで採択された持続的な開発目標のターゲット 11.2「2030 年までに、脆弱な立場にある人々、女性、子ども、障害者、および高齢者のニーズに特に配慮し、公共交通機関の拡大などを通じた交通の安全性改善により、すべての人々に、安全かつ安価で容易に利用できる持続可能な輸送システムへのアクセスを提供する」に合致するものであり、本事業が開発課題の解決に貢献するものであると言える。

3-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

アクト電子が本社工場を置いている地元川崎市は、『川崎市中小企業活性化のための成長戦略に関する条例』(2015 年 12 月)にて海外市場開拓支援を柱の一つとして掲げ、積極的に中小企業海外展開を推進している。今回 MR へ提案した製品が測定サービスというかたちであり、現地へ提供される場合、その開発・製造を日本国内(川崎工場)で行うことになるため、川崎市製品の海外展開促進に寄与することになる。

また、本事業の取組みにより、ミャンマー国の鉄道網の健全化が図られ、その結果として、モーダルシフトによる低炭素都市の実現に寄与することは、ヤンゴン市と川崎市が締結している『低炭素都市づくりに向けた都市間連携に関する覚書』(2016 年 3 月 25 日)を後押しすることになると捉えており、間接的にも地元地域への貢献につながると言える。

第 4 章 ODA 事業との連携可能性

4-1 連携が想定される ODA 事業

本調査のなかで、MR がこれまでの事後保全 (Breakdown Maintenance :BM) 中心の維持管理方法から状態基準保全 (Condition Based Maintenance :CBM) へ移行する重要性を認識していることがうかがえた。保全に対する MR 全体の意識改革という点から、現在実施中である類似の技術協力プロジェクト「鉄道車両維持管理・サービス向上プロジェクト」と連携することで、本事業との相乗効果をもたらすものと思われる。

なお、同プロジェクトは鉄道車両に特化しているため、「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」の終了時に提言されている『軌道の基礎理論解析ならびに変位等基礎的データの測定を実行できる組織の設立』を軸とする MR 組織全体に対する管理能力向上をターゲットとした新たな技術協力プロジェクトの形成が望まれる。

4-2 連携により期待される効果

本事業と上述した技術協力プロジェクトとが連携することで、軌道状態にかかる定量データをベースにした修繕計画の策定やさらには予算編成策定能力の向上といった次のステップへの躍進に貢献出来ると考えている。また、このような取り組みは、有償資金協力で建設する新たな鉄道軌道の適切なる維持管理にもつながり、前節 4-1 であげた技術協力プロジェクト以外の ODA 事業との間接的な連携になると言える。

ミャンマー国

鉄道軌道の点検作業向上にかかる基礎調査

企業・サイト概要

- 提案企業：アクト電子株式会社
- 代表企業所在地：神奈川県川崎市
- サイト：ミャンマー国ネピドー・ヤンゴン地域・モン州



鉄道の安定走行に重要な
レール継目(遊間)を監視する
「ギャップマン」

ミャンマー国の開発課題

- 主要移動手段の一つである国鉄網が保守不足による劣化により、サービス低下(速度低下・運行遅延など)に陥っている

アクト電子の製品・技術

- 高速走行(最大120km/時)する列車上からレールの遊間、長さおよび温度を非接触測定するシステム
- 高度な技術・技能取得を要せずに、保守対象箇所を迅速かつ容易に特定可能

アクト電子の事業戦略

- 当社の海外進出に向けた実績構築
- 現地パートナーとの協業体制確立
- ミャンマー国鉄道軌道状態検査におけるデファクト化

事業展開を通じて期待される開発効果

- 国鉄網の軌道状態改善による保安度およびサービスレベル(定時制確保など)の向上
- 安定的な輸送手段確保による旅客輸送および物資供給の効率化

Myanmar

Survey on improvement of inspection work for railway track (SME Partnership Promotion)

Proposing Company and Site

- Company: ACT Electronics Corp.
- Address: Kawasaki City, Kanagawa
- Site: Nay Pyi Taw, Yangon and Mon state, Myanmar



「Gap Man」

The system for monitoring rail gap which is important factor for securing stable running.

Subjects to be Developed

- Deteriorating service level of national railway which is one of the major transport modes in Myanmar, such as slow and unpunctual, due to lack of maintenance.

Products, Technology Offered

- Non-contact sensor monitoring rail gap, length and temp. from rollingstock in high-speed run (max.120km/Hr).
- Without any expertise, it enables to easily identify points required intervention in a timely manner.

Business Strategy of ACT Electronics Corp.

- Obtaining a landing point for advancing overseas business
- Developing partnership with local companies
- To be de-facto-technology for railway inspection in Myanmar

Expected Positive Effects of the Business proposed by ACT Electronics Corp.

- Improving service level and security extent of national railway such as punctuality through maintaining railway track condition.
- Improving efficiency in passenger transport and supply chain through securing stable transport mode.

はじめに

1. 調査名

和文：鉄道軌道の点検作業向上にかかる基礎調査

英文：Survey on Improvement of Inspection Work for Railway Track

2. 調査の背景

ミャンマー国では、総延長距離 6,072km（2015 年時点）を有する鉄道網が国民の移動を下支える重要な交通インフラとなっており、その維持管理をミャンマー国鉄（Myanmar Railways: MR）が担っている。MR の路線は非電化で、その動力はディーゼルエンジン車（Rail Bus Engine : RBE）によるものとなっている。我が国からも MR に対してディーゼルエンジン車が 2003 年以降から提供されており、2016 年 6 月末時点で RBE249 両が MR の鉄道輸送網に供されている。

また、1988 年以降、MR は新線建設に大半の資源を投下する一方で、既存路線・設備の維持管理・更新は十分に行ってこなかったため、安全性確保やサービス低下が大きな問題となっている。国の主要幹線であるヤンゴン～マンダレー区間だけでも 2011 年～12 年の間に 118 件の事故が発生し、その原因の半数が軌道に起因するものとされている。また、軌道の老朽化や損傷により、運行速度に制限が課せられ、区間速度は 39km/h、定時運行率は 41%と、サービスレベルが非常に低い状況となっている。

一方、民主化による経済活性化に伴う鉄道の旅客数の増加と、2011 年に始まった自動車の輸入制限緩和による自動車数増加によりヤンゴン市内の渋滞が急速に深刻化するなど課題が顕在化しており、経済発展の妨げになってしまっている。このことから、大量輸送・定時制の確保の手段として鉄道輸送力の強化が求められている。

かかる状況を受け、ミャンマー政府は、高い経済成長、豊かな社会開発の基幹となる運輸交通インフラ整備推進を目的として、2030 年をターゲットとした「全国運輸マスタープラン」を 2014 年に策定した。その中で、鉄道は今後の経済発展を支えるための重要なインフラとして位置づけられ、運行サービス、維持管理能力等の技術力のレベルの向上に加え、車両や軌道、土木及び信号等といった鉄道設備の更新、近代化が進められている。特に、ヤンゴンとマンダレーを結ぶ幹線鉄道の整備は最優先事業と位置づけられており、2013 年 1 月に開催されたミャンマー開発協力フォーラムにおいて、運輸通信省は本事業を最優先事業として表明し、我が国の支援で近代化される予定である。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及び ODA 事業との連携可能性の検討に必要な基礎情報の収集を通じて、ビジネス展開計画を策定することを目的としている。

4. 調査対象国・地域

ミャンマー国 ネピドー州、ヤンゴン、モン州

5. 契約期間、調査工程

・ 契約期間：2018年4月27日～2019年2月15日

表：調査工程

現地調査回数	時期	主な調査事項	訪問先
第1回 現地調査	2018年 5月7～11日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係機関への開発課題にかかるヒアリング ・ MR への提案製品・技術の紹介 ・ 現地企業に輸入ライセンス取得是非の確認 ・ 現地日系企業に知財制度の整備状況に係るヒアリング ・ ODA 先行事例に関する JICA 現地事務所および JICA コンサルタントへのインタビュー ・ JETRO、日系企業へのヒアリングを通じた電子機器の輸入に関連する経済・社会情勢の状況の調査 ・ ネピドー駅周辺のレール状況視察 	<ul style="list-style-type: none"> ・ MR 本社 ・ ネピドー駅周辺 ・ JICA 事務所 ・ JETRO 事務所 ・ JICA コンサルタント(鉄道事業) ・ 現地企業 ・ 現地日系企業
第2回 現地調査	2018年 8月8～14日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製品デモの実施(ネピドー駅周辺) ・ MR と ODA 案件化に係る協議 ・ 市場分析、サプライチェーンおよび想定される課題・リスクと対応策の検討に係る MR 職員および現地日系企業などへのヒアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・ MR 本社 ・ ネピドー駅周辺 ・ 日本大使館 ・ JICA 事務所 ・ JICA 専門家(知財) ・ 現地企業 ・ 現地日系企業
第3回 現地調査	2018年 9月9～15日	<ul style="list-style-type: none"> ・ より実践的なデモ実施を通じたアクト電子社製品への理解促進(モン州) ・ 今後の活動に関する関係者協議 	<ul style="list-style-type: none"> ・ MR モン州管区 ・ JICA 事務所 ・ 現地日系企業

6. 調査団員構成

表：調査団員構成

所属先	氏名	担当業務
アクト電子株式会社	羽島 幹夫	業務主任/鉄道技術
	塩野 幸策	事業計画
	斉藤 浩一	技術紹介
アビームコンサルティング株式会社	本田 孝哉	チーフアドバイザー/都市鉄道
	竹内 知成	ODA 連携調査

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

ミャンマー国では、総延長距離 6,072km（2015 年時点）を有する鉄道網が国民の移動を下支えする重要な交通インフラとなっており、その維持管理はミャンマー国鉄（Myanmar Railways: MR）が担っている。MR の路線は非電化で、その動力は気動車によるものとなっている。2003 年以降、我が国からも MR に対して中古気動車（Rail Bus Engine: RBE）が提供されており、2016 年 6 月末時点で RBE249 両が MR の鉄道輸送網に供されている。

1988 年以降、MR は鉄道セクターへの投資額の大半を新線建設(2,847km)に投下したことに加えて、更に新規路線 474km の建設計画を策定する一方で、既存路線・設備の維持管理・更新を十分に行ってこなかった。このため、安全性確保やサービス低下が大きな問題となっている。国の主要幹線であるヤンゴン～マンダレー区間だけでも 2011 年～12 年の間に 118 件の事故が発生し、その原因の半数が軌道に起因するものとされている。² 鉄道網のなかでも最重要部とされているヤンゴン～マンダレー間は、我が国の支援で近代化される予定であるが、保守体制が改善されないといずれは現状と同じ状況に陥ってしまう可能性が高い。また、他系統も保守が原因による事故であることから同様の状況にさらされていると推察される。

また軌道の老朽化や損傷により、運行速度に制限が課せられ、区間速度は 39km/h、定時運転率は 41%と、サービスレベルが非常に低い状況となっている。一方、民主化による経済活性化に伴う鉄道の需要旅客数の増加と、2011 年に始まった自動車の輸入制限緩和による自動車数増加によりヤンゴン市内の渋滞が急速に深刻化するなど課題が顕在化しており、経済発展の妨げになってしまっている。このことから、大量輸送・定時制の確保の手段として鉄道輸送力強化が求められている。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

ミャンマー政府は 2030 年までに中所得国入りすることを念頭に、国家計画経済開発省（Ministry of National Planning and Development）（当時）により 2014 年、「国家総合開発計画：National Comprehensive Development Plan（NCDP）」を策定し、ミャンマーの全セクターを含む総合開発の指針及び戦略的国家開発目標を提示している。NCDP の策定と併せて、ミャンマー全体の開発ビジョンを明確にすべく、同年、建設省により「国家空間開発計画：National Spatial Development Plan（NSDP）」が策定された他、各セクターでの具体的な計画策定が行われている。

運輸交通セクターにおいては、高い経済成長、豊かな社会開発の基幹となる運輸交通インフラ整備推進を目的として JICA の支援を受けつつ運輸省により「全国運輸マスタープラン」が策定された。その中で、鉄道は今後の経済発展を支えるための重要なインフラとして位置づけられ、運行サービス、維持管理能力等の技術力のレベルの向上に加え、車両や軌道、土木および信号等といった鉄道設備の更新、近代化が進められており、MR もこれまでの新線建設中心から、既往路線の輸送設備・施設の更新を優先的に行う方針に転換しつつある。特に、ヤンゴンとマンダレーを結ぶ幹線鉄道の整備は最優先事業と位置づけており、2013 年 1 月に開催されたミャンマー開発協力フォーラムにおいて、運輸通信省は本事業を最優先事業として表明している。また、ミャンマー政府は、鉄道整備（維持管理、

² JICA 『ミャンマー国鉄道安全性・サービス向上プロジェクト』終了時報告書(2016 年 3 月)

車両工場建設、客車調達など)において、JICAの他、ドイツ、中国、インド、韓国など、他国ドナーからの支援を積極的に受け入れており、今後もこの方針は継続されていくものと考えられる。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

1954年の「賠償及び経済協力に関する協定」で始まったミャンマーに対する日本の経済協力は、近年ミャンマーの民主化の進展に伴い、新たな段階に入り、2012年4月に公表された我が国対ミャンマー援助の基本方針である「ミャンマーの民主化及び国民和解、持続的発展に向けて、急速に進む同国の幅広い分野における改革努力の後押し」において、下記3つが経済協力の重点分野として掲げられている。本事業と関連する鉄道分野は3点目のインフラ整備に含まれており、「鉄道の運営改善・近代化」を含む「交通網の整備」が具体的施策として挙げられている。

[我が国の対ミャンマー経済協力重点分野]

- 1) 国民の生活向上のための支援
- 2) 経済・社会を支える人材の能力向上や制度の整備のための支援
- 3) 持続的経済成長のために必要なインフラや制度の整備等の支援

このような背景のもと、インフラ整備の促進を目的として、外務省、JICAをはじめ、国土交通省、経済産業省など関連各省庁が、各種調査、連携協議、専門家派遣等を実施している。2016年11月に開催された日・緬首脳会談では、5年間で官民合わせてのべ8,000億円の支援が約束された他、2017年11月の日・緬首脳会談において安倍首相が8,000億円の貢献について、「ヤンゴン都市開発」、「運輸」、「電力」を中心とした協力を加速していくことを表明するなど、インフラ分野における支援規模の拡大は顕著である。

鉄道分野においては、円借款での大型プロジェクトや管理主体であるMRに対する技術協力が進められ、インフラ整備に伴う今後の経済発展への寄与が期待されている。また、鉄道近代化に向けて本邦の官民が一体となり、オールジャパンとしての協力効果の向上を目指すことも重要視されている。

1-4 当該開発課題に関連するODA事業及び他ドナーの先行事例分析

2013年以降、鉄道の建設および維持管理能力向上に係る様々なプロジェクトが我が国のODA事業により継続的に実施されている。

本調査がターゲットとしている鉄道軌道の維持管理については、2013年から3年間にわたり実施された「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」を通じて、保線用の機材提供と本邦の保線現場の経験者7名による技術移転が行われていた。この際に、技術指導により改修した区間と未改修区間における列車動揺を振動計により測定し、MR職員に作業効果を客観的に確認させることも併せて行われていた。このようなプロジェクトの活動により現地職員の保線に対する意識が向上されたと報告されている。一方、当該プロジェクトの上位目標『MRの鉄道運営の安全性及び旅客満足度が向上する』を達成させるための提言として、『軌道の基礎的理論解析ならびに変位等基礎的データの測定を実行できる組織の設立』が要望されていたことから、保守作業に関する意識向上は大きく前進し、データ測定に関するニーズは醸成されつつある一方でその実施体制については改善が必要であることが伺

える。^{3,4}

表 1-1 JICA により実施済み及び実施中の鉄道分野にかかる関連プロジェクト

調査名	調査スキーム	年次
鉄道車両維持管理・サービス向上プロジェクト	有償勘定技術支援	2017.6-2021.6
車両メンテナンスにかかる情報収集・確認調査	情報収集・確認調査	2016.3-2016.8
ミャンマー鉄道人材育成講座	有償勘定技術支援	2016.3-2017.2
ヤンゴン環状鉄道改修事業	円借款	2015 年 L/A(*1)
ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズ ³ I(I)	円借款	2014 年 L/A(*1)
鉄道中央監視システム及び保安機材整備計画準備調査	無償資金協力	2014.3-2018.4
鉄道安全性・サービス向上プロジェクト	技術協力プロジェクト	2013.3-2016.3
全国運輸交通プログラム形成準備調査	協力準備調査	2013.1-2014.9

※1: L/A: Loan Agreement

出展 JICA WEB サイト

³ JICA 「ミャンマー国鉄道安全性・サービス向上プロジェクトプロジェクト終了時報告」 2016 年 3 月

⁴ JICA 調査団 「絆の列車は未来へ向かう -日本のミャンマー鉄道支援-」 2017 年 12 月

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

アクト電子株式会社 (以下、アクト電子) は、1985年4月設立から30年以上にわたり、非接触レーザー・ドップラ方式をベースとした計測装置の開発・販売をビジネスの中心と位置づけて活動を継続している。開発手法については、中小企業の特徴を生かして、現場作業員のニーズを尊重した「共同開発」形態を主としており、迅速で最後までやり切る同社の姿勢に対して国内鉄道事業者から一定の評価を得ている。

また、産学連携での技術開発にも力を入れており、大学や企業などと共同で特許出願を行っている。⁵ さらに、地元自治体からも、その技術優位性が認知されており、2013年には同社のレーザー・ドップラ速度計が『川崎ものづくりブランド(第9回)』にて優秀賞を獲得している。⁶

会社名 : アクト電子株式会社 (ACT Electronics Corp.)
所在地 : 神奈川県川崎市中原区宮内4丁目7-16
設立年 : 1985年4月
事業内容 : レーザ・ドップラ応用測定器の開発・製造・販売
光メディア用測定器の開発・製造・販売
鉄道関連測定器の開発・製造・販売・メンテナンス
URL : http://www.actele.co.jp/Company_outline.html

2-2 提案製品・技術の概要

提案する製品はレーザー・ドップラ方式をベースとした計測装置であり、おもに国内の鉄道事業者、電機産業企業、自動車産業企業ならびに重化学工業企業に販売している。鉄道軌道測定向けの当該製品概要は以下のとおりである。

- ・名称 : レーザ・ドップラ方式測定装置
- ・特徴 : 高速(最大120km/h)移動中の旅客営業車両から移動距離・車速・レール温度、レール長、レール遊間⁷の測定が行える。その測定データは一体型信号処理装置内のハードディスクに自動記録するため、測定にあたり専用車両や保守員の配置が不要となる。
- ・価格帯 : 300 ~ 3,000万円

⁵ 名古屋大学などとの共同特許出願 (移動体の走行軌跡計測システム、移動体、及び計測プログラム)

特開2017-49162、2017年3月9日公開

東日本旅客鉄道などとの共同特許出願 (移動体の燃料流出量測定方法、燃料漏れ検知方法及び検知装置)

特開2014-234720、2014年12月15日公開

⁶ <http://www.k-monobrand.com/product/b09/act/company.html>

⁷ レール遊間は、レールとレールのつなぎ目の幅の名称であり、その幅が狭すぎるとレールが温度上昇に伴い膨張してしまい、外部へ張り出してしまふ。逆に広すぎると車輪による衝撃が増大し、乗心地が損なわれることに加えて、レール損傷や継目ボルト、継目板の損傷にもつながる。このため、日本では保線の管理対象となっている。

- ・導入実績： 国内鉄道事業者
- ・競合製品： 保守車両(レールスクータ)に取付けて低速(30km/h 前後)にて、保守要員が測定する製品が国内外の複数の企業から販売されている。この製品を利用する側に、保線車両や保守要員の配置計画を策定するなど高度な保守エンジニアリング能力が必要となる。

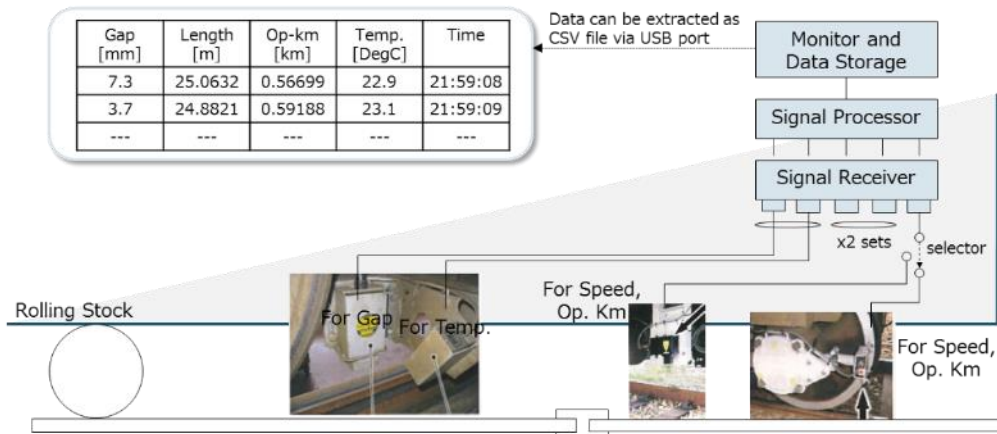


図 2-1 アクト電子社製品を営業列車に設置した際のイメージ

出典：JICA 調査団作成

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 技術面からの確認

計3回の現地調査を通じて、MRの保線を所管している部門に対するプレゼンテーションに加え、実機によるデモンストレーションを実施し、アクト電子社製品を適用することでMRが欲している測定情報を簡便かつ正確に取得できることを示すことで、現地側の購買意欲を醸成した。(図 2-2)

	対象者(場所)	方法	結果
第一回 現地調査	MR本社保線所管部門 (ヤンゴン)	プレゼンテーション ・当社製品群とその測定理論(レーザ・ドップラ方式)を説明	・製品に対する期待の獲得 ・本調査への協力取付け
第二回 現地調査	同上	簡易デモ ・測定理論(レーザ・ドップラ方式)の体感	・製品に対する理解(技術面に対する信頼を得て、具体的なニーズを獲得)
第三回 現地調査	直近で軌道更新をした管区の責任者 (モン州)	本線(区間：100km)におけるデモ ・測定の容易さなどMR側のメリットを訴求	・製品に対する購買意欲の醸成

図 2-2 提案製品の現地適合性の確認方法

出典：JICA 調査団作成

第一回と第二回の現地調査については、MR 全体の方針を決める本社(ヤンゴン駅に所在)にて行い、保線の統括責任者である General Manager(GM)から『本製品を使って、列車が動揺する場所を特定し、その原因が軌道によるものなのかどうかを容易に確認できるようになると助かる』という具体的なニーズを得ることができた。第一回および二回の現地調査におけるプレゼンテーションおよびデモンストレーションの内容は、別添資料 1 および 2 にそれぞれ記したとおりである。

最後の三回目については、上記のニーズに対応すべく、列車動揺とその位置を容易かつ正確に測定できることを MR へ実演することを目的に、比較的長い距離でのデモンストレーションを行った。実施場所については、MR 独自の計画に基づいて一昨年より軌道改修を行っているモン州とし、当該管区において、改修前と後の軌道を連続して計測できる路線を選定した。具体的な測定方法とその結果は図 2-3 および 図 2-4 にそれぞれ示すとおりである。

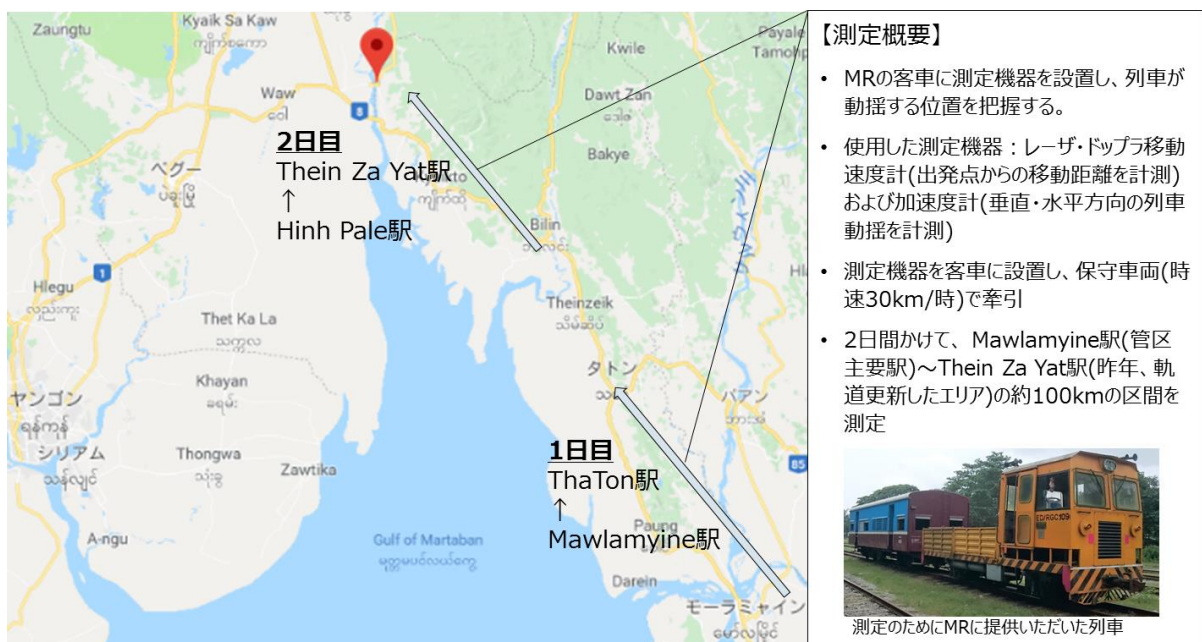
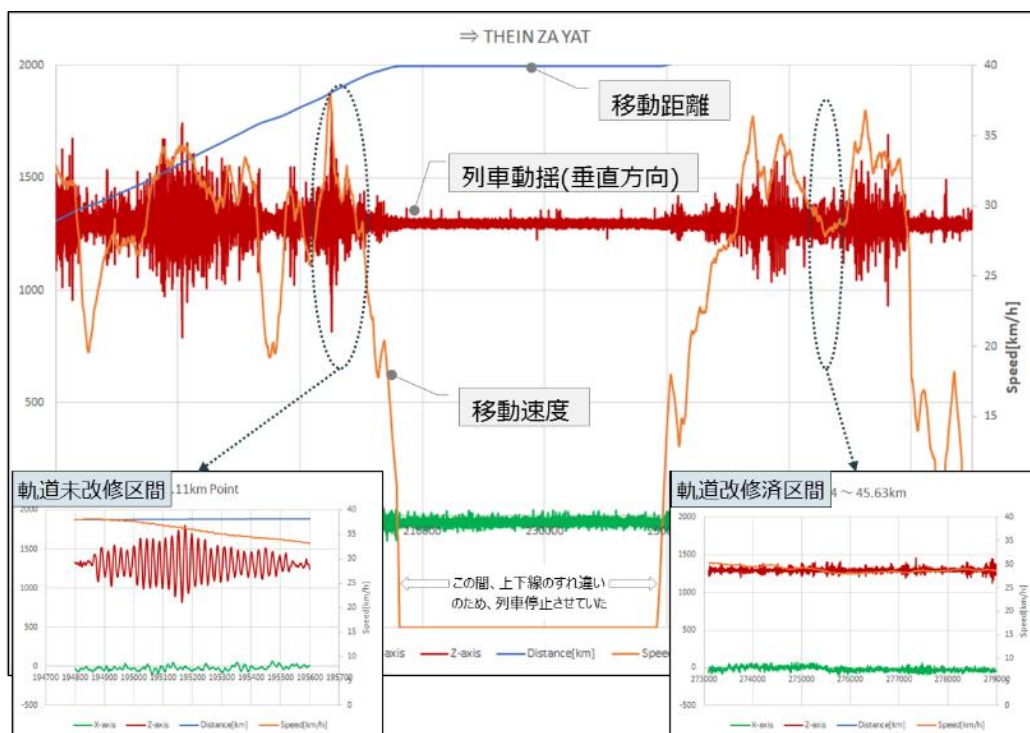


図 2-3 第三回現地調査におけるデモ概要

出典：JICA 調査団作成 (地図は Google map を利用)



加速度計は本デモ用に急遽制作したものであるため、スケーリングは行っていない。測定場所1と2で測定した垂直方向の動揺の大きさの差は4~6倍程度であった。

図 2-4 第三回現地調査におけるデモ結果 (抜粋)

出典：JICA 調査団作成

図 2-4 に示すように、軌道未改修区間と軌道改修済区間を比較すると、明らかに垂直方向の列車動揺の大きさが異なることが分かる。このように営業列車に当該機器を設置することで、簡単に軌道状態が悪いと疑われる場所を正確に捕らえることができるのである。

上記のデモ結果を、当該地域の統括責任者(管区長)へ提示して説明したところ、『現在、MR が保有している測定装置をレール変位測定に用いているが、レール上で人が押して測定するものであるため、軌道全体を測定しようとするとなればかなりの時間を要してしまう。本製品があれば測定すべき箇所が容易かつ正確に把握できるため、作業効率が大きい上がるであろう。』という発言を得ることができた。なお、管区長からの価格提示を依頼されたが、製品保守などの付帯サービスを含めた条件設定により大きく変わるため、後日の提示とした。

2-3-2 予算面からの確認

MR の予算策定方法について、MR 幹部職員へのインタビューにより確認している。まず、各管区で次年度の修繕計画(点検は修繕計画の一部とされている)を MR 本社へ申請し、本社との間で調整を図る。この際に、本社職員が要修繕場所へ視察に来る場合もあるということであった。次に MR の年度予算として国会へ申請し、他予算申請との緊急度・重要度を比較し、最終的に決定(承認)がされるということである。直近数年間の年度修繕費はおよそ 150 億 MMK(約 11 億円)ということである。⁸

なお、MR の幹線では、7km ごとに 5 名の点検要員を配置し、そのうちの 1 名が毎日徒歩で軌道状

⁸ 点検作業については、内製と外注を半々で実施しているということであったため、年間の外注費は最大で 5 億円程度になると推察している。

態の目視確認を行っている。この単位を13から14ほど束ねるかたちで管理者を配置し、担当線区の軌道状態を熟知させるといった人海戦術となっている。⁹ このように、線区横断的に軌道状態を比較する術がないことも、実際の状態に応じた予算配分の実施を難しくさせている一因であると言える。

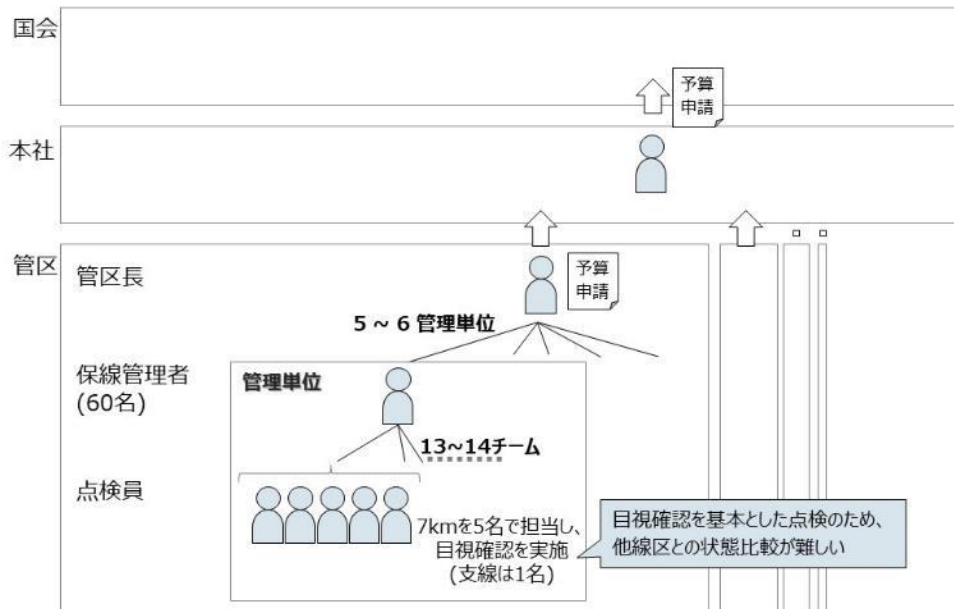


図 2-5 MR の軌道点検体制と予算申請の概要

出典：MR から入手した情報を基に JICA 調査団にて作成

以上の状況を踏まえると、提案製品のうち高額なもの（約数千万円）については、MR 全体の年度修繕予算の数%を占めるため、予算の手当てが容易であるとは言い難い。このため、予算制約の観点からは、当初は MR に対する機材販売とはせずに、製品を使った測定サービスを提供するという形式がより現実的である。

2-3-3 制度面からの確認

本調査におけるデモ実施にあたり、アクト電子単独では機材空輸とデモの事前実施調整が難しかったため、既に MR へ機材提供の実績を有していた企業 (Converge Company Ltd.) から支援を得た。当該企業を通じ、本製品の現地における利用制限および輸入制限について確認したところ、とくに制約がないことが判かり、今回のデモについても大きな問題が発生せずに実施を終えている。

2-4 開発課題解決貢献可能性

前節で記したような現状の予算申請・配分方式であると、資産が老朽化してきている状況では何かしらの補修が必要となる事態が複数線区で同時に発生しやすいため、予算を含めたリソースの配分を適時かつ適切に行うことが難しく、結果的に 1-1 節で前述した運行速度低下や事故などのサービス低下を招くことにつながってしまっていると言える。

⁹ 前述した測定装置は MR 全体で数台しかないため、原則は徒歩での目視確認となっている。

理論的には、軌道が破損する前であつ過剰作業にならない頻度でメンテナンス作業を計画・実施することができれば、限られた予算を効果的に利用できる余地が広がるため、サービス低下をより抑制できようになってくる。そのためには、軌道状態を正確かつ容易に把握することが重要である。

本製品を営業車両に設置し、移動距離・列車動揺などを同時に計測することで、レール変位などが発生している可能性の高い場所をデータにより正確かつ容易に特定できるようになるため、MR内でも定量的に優先度を付けることができるようになり、リソース配分をより適切に行えるようになる土壌を提供することにもつながる。いわゆる状態基準保全(Condition Based Maintenance: CBM)の導入である。この結果として、開発課題の解決を期待できるものとする。

日本国内の軌道維持管理における評価指標に基づいてアクト電子社製品が適用できる範囲を表2-1に、アクト電子社製品を活用した際に実現できるとされる軌道点検体制と予算申請方法を図2-6にそれぞれ示した。

表 2-1 軌道維持管理の評価指標に基づいた点検方法の分類(案)

性能	性能項目(例)	評価指標											
		変位(通り, 水準), 動揺(上下/左右)	高低変位	遊間量・レール温度	ロングレール伸縮量	軌間変位・平面性変位	建築限界・軌道中心間隔	トンブレード密着	左右レール絶縁など	継目板ボルトの緊締トルク・ふく進量	シェリング・軋み割れ	バックゲージ・トンブレードレール磨耗など	
安全運行	衝突防止	列車の走行空間					X						
	脱線防止	走行中の途中脱線	X			X							
		張り出し			X	X				X			
		分岐器通過						X				X	
安定的運行	レール折損			X	X					X			
	軌道回路						X	X					
乗客の不快防止	過度の振動	X	X										
点検方法 (案)													
1	[アクト電子社製品] 営業車両設置のレーザ・ドップラ移動距離測定装置+振動計	X											
2	[アクト電子社製品] 営業車両設置のギャップマン	-		X									
3	巡回検査における確認(目視など)								X				

出展：国土交通省『鉄道構造物等維持管理標準』(軌道編)および石田 誠『軌道のメンテナンス』(第20回鉄道総研講演会 2007年)を基に JICA 調査団にて作成

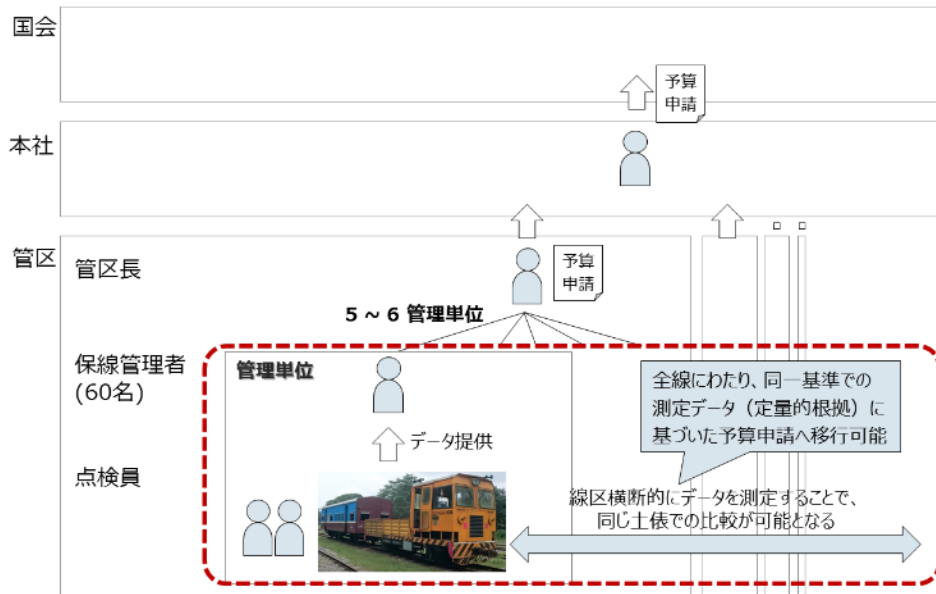


図 2-6 アクト電子社製品を活用した軌道点検体制と予算申請方法

出典： JICA 調査団

第3章 ビジネス展開計画

3-1 ビジネス展開計画概要

事業開始後5年程度はMRに対して測定サービスを提供するビジネスモデルを、検査代行企業および販売代理店との協業にて行う。中期的には建設業界へのサービス展開、長期的には製造業への測定機器販売をも含めたサービス展開を視野に入れた活動とする。なお、この間、比較的安価な金額で購入できる競合製品も市場に出回る可能性もあるが、高速移動する物体から測定が可能な製品はアクト電子製のみであることから、このような特徴を最大限生かすかたちでサービス委託者の全体最適化を図るような利用方法を提案し、優位性を訴求していく。なお、この活動と並行して、現地における知財制度の整備状況を注視していく。

3-2 市場分析

3-2-1 市場定義

MRにおける軌道点検への適用可能性は高いということが本調査で判ったが、一定規模の市場を得るためには、日本国内がそうであるように他分野でのニーズ期待が重要となる。本調査を通じて製造業などにおける利用ニーズを確認したものの、現地ではまだ製造業自体が成長していないため、一定の時間を要することが判った。

一方、現地ではインフラ整備が急ピッチに進められており、建設業におけるニーズが一定程度期待できるかもしれないという感触を掴むことができたものの、アクト電子が日本国内で建設業向けに製品を開発したことがないため、具体的なニーズについては今後リサーチする必要がある。

以上より、当初はMR向けに限定しつつ、中期的には建設業界、長期的には製造業への市場拡大を模索する流れとなる。

3-2-2 競合分析

本調査開始以前に、MRでは数百万円相当で英国製の軌道測定機器(レールスクータ取付けタイプ)を購入する検討をしていたということであった。前章で記したとおり、本調査におけるデモなどを通じて、本製品を使うことでより迅速かつ容易にメンテナンス対象を特定できることがMRに理解されたことから、購入コストのみならずMRのリソース配分最適化に資する製品であることを訴求していくことで、競合製品に対する優位性をアピールできると考えている。

なお、次節3-3および3-4に示すとおり、MRに対する製品販売ではなく、測定サービス提供という役務契約を進出形態として想定しているが、当該形態においても下表に示すような優位性を示すことができると考えている。

表 3-1 競合との比較優位性

	アクト電子社製品 (図 3-1 参照)	競合 (英国製レールスクータ取付け軌道測定機器を用いた検査代行を想定)
検査計画策定の 容易さ	労力小 測定機器を取り付けられる MR 営列車を選定するのみでよい。	労力大 軌道を測定用に占有してしまうことから、レールスクータを走行させられる日時および区間を調整する必要があり、事前準備に労力がかかる。
測定時間の短さ (作業依頼から結果提示までの所要期間の短さ)	短 営業列車運行中に測定が完了するため、比較的速やかに結果を得ることができる。また、将来、営業列車の走行速度が向上すれば、それにつれて測定時間も短縮できる。	長 測定用に占有できる日時が限られてしまうことに加え、レールスクータの走行速度が 30km/Hr であるため、測定自体に時間を要してしまう。
データの正確性 (測定位置の情報)	誤差小 レーザ・ドップラで移動距離を測定するため、正確に位置を特定できる。このため、定位置の経年劣化を正確に提示することが可能。	誤差大 レールスクータの車輪回転などを利用した距離測定となるため、測定位置について誤差を生じやすい。このため、定位置の経年劣化を示すことは難しい。

3-3 バリューチェーン

本調査開始時点では、MR へ直接製品を輸出販売するスキームを検討していたものの、以下の点を総合的に踏まえて、測定サービス提供というスキームから始める想定とした。

- ・ MR のデータ測定に対する人員体制の成熟度 (本紙 1-4 節参照)
- ・ 年度予算に対する製品価格の比率 (本紙 2-3-2 項参照)
- ・ 製品を販売した後の知財リスク (本紙 3-6-2 項参照)

アクト電子が現地ニーズに適合するかたちでレーザ・ドップラ方式の測定機器を開発・製造する。測定サービスについては、現地での機動性確保と MR 以外の市場(建設業界など)への拡大を視野に入れるため、既に現地進出している日系検査代行会社と提携する想定とした。(販売形態については今後検討) MR との取引については現地の商習慣を踏まえた手続きが望ましいため、既に MR に対する販売実績を有しかつ本調査でも MR との面談調整を行った『Converge Company Ltd.』を配す。



図 3-1 バリューチェーン

出典：JICA 調査団作成

3-4 進出形態とパートナー候補

既に現地進出している日系検査代行会社と提携する前提で、MR および民間企業に対する測定サービスを提供する形態とした。また、パートナー候補として、以下2社を想定している。

表 3-2 軌道維持管理の評価指標に基づいた点検方法の分類(案)

役割	候補企業	備考
現地販売代理店	Converge Company Ltd.	既に MR との取引実績を有している
検査代行会社	現地進出済みの日系検査代行会社	商談中

3-5 収支計画

3-3節で示したバリューチェーンに基づいて事業を開始した場合の収支計画を下表に示す。開発費については自己資金で賄うとし、借入などは想定していない。3-6で記したリスクが顕在化しない前提において、MR の保線領域向けに測定サービスが、年々、順調に測定する対象を拡大できると仮定した場合、資金繰りの観点からは事業開始後3年目から安定化すると想定している。

なお、当該5か年はMR向けの保線領域のみに測定サービスを提供するものとし、MR車両領域、製品の直接販売および建設業界などの市場拡大については、6年目以降に拡大するものとしている。

表 3-3 収支計画

[千円]

		1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
		売上比率		売上比率		売上比率		売上比率		売上比率	
売	上	3,000	100.0	13,000		32,000		24,000		28,000	
売	上	1,920	0.64	12,030	0.93	21,200	0.66	16,200	0.68	18,700	0.67
	(人件費)	840	0.28	5,600	0.43	8,400	0.26	6,400	0.27	8,500	0.30
	(その他経費)	1,080	0.36	6,430	0.49	12,800	0.40	9,800	0.41	10,200	0.36
売	上	1,080	0.36	970	0.07	10,800	0.34	7,800	0.33	9,300	0.33
売上総利益		1,080	0.36	970	0.07	10,800	0.34	7,800	0.33	9,300	0.33
販売費・一般管理費		4,000	1.33	3,510	0.27	8,640	0.27	6,000	0.25	7,000	0.25
営業利益		-2,920	-0.97	-2,540	-0.20	2,160	0.07	1,800	0.08	2,300	0.08
	営業外収益	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	営業外費用	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
経常利益		-2,920	-0.97	-2,540	-0.20	2,160	0.07	1,800	0.08	2,300	0.08
備考		・レーザトップラ移動距離計		・レーザトップラ移動距離計 ・加速度計 ・軌道管理システム(アプリ)		・動的軌間/平面性/レール ・摩耗測定装置 ・上記関連アプリ		・動的通り/高低測定装置 ・軌道外観撮影装置 ・上記関連アプリ		・遊間測定装置 ・上記関連アプリ	

3-6 想定される課題・リスクと対応策

3-6-1 法制度面

本事業では輸入販売モデルを前提としているため、投資規制には該当しないが、現地でアクト電子社製品を購入するパートナー企業に対し輸入ライセンスを求められる場合がある。商業省大臣官房通達第69号(2015年7月)では4,405品目について輸入ライセンスが必要とされていたが、その後、段階的に対象品の緩和がなされ、4,000品目を下回ったが、第61号(2017年7月)で4,818品目に増加している。なお、現地商業省大臣官房通達8号/2013で規定されている輸入禁止品には該当しないため、輸入自体の規制はないが、中古品として輸入する場合には各種条件(産業監督検査局の推薦状の提出など)が課せられる。¹⁰

3-6-2 ビジネス面

アクト電子の主力製品は自社もしくは共同開発品であるため、その権利を法的に保護する目的で日本国内では特許を出願している。ミャンマー国においては、知財を担当する機関の設立を国会で審議中であり、直接的に知財を保護する仕組みは未整備となっている。現状では刑法において、不正な財産の引渡し(第420条)、不正目的での偽造(第468条)および模倣品の販売(第486条)に対する罰則が規定されているに過ぎない。¹¹ このため、アクト電子社製品の模倣については、制度上は規制できていないと言わざるを得ない状況であり、販売先については信用できる法人のみに限定するなどの対応が必要となる。

3-6-3 政治・経済などその他の面

アクト電子社製品の購入に際して外貨を用いる場合、為替変動のリスクが想定される。このため、外貨比率については現地保守サービス分(現地出張費用相当分)に限定するなど、一定のリスクヘッジを行う必要があると考えている。

¹⁰ JETRO ホームページおよび現地JETRO 担当官へのインタビュー結果 (2018年5月8日実施)

¹¹ ミャンマー国教育省(知財分野)へ派遣されているJICA 専門家に対するインタビュー結果 (2018年7月11日実施)

3-7 期待される開発効果

鉄道事故原因の半数を占めている軌道状態を改善するためには、まず約 6,000km 以上ある軌道の保守対象を迅速かつ的確に特定し、適切に MR のリソースを配分することが重要である。アクト電子の製品群は、通常旅客運転中に修理が必要となる可能性が高い部位を自動的かつ迅速に発見できるものであり、当該問題に対する重要な解決策になり得ると考えている。

現在、ミャンマー国内における交通、物流手段は、道路や内陸水運に多く依存しているが、今後の経済発展と共に、移動や交易、物流がより活性化し、公共性かつ輸送能力が高い鉄道交通へのニーズがさらに高まってくることが想定される。本提案事業の実施が鉄道交通の信頼性、安全性、サービスレベルの向上に寄与、貢献することで、前述した現地「全国運輸マスタープラン」達成の一助となり、結果として自動車を持たない市民や低所得者層など幅広い対象者にとって、安心安全な交通手段、サービスを提供することが可能となり、更なる経済の発展に繋がることが期待される。

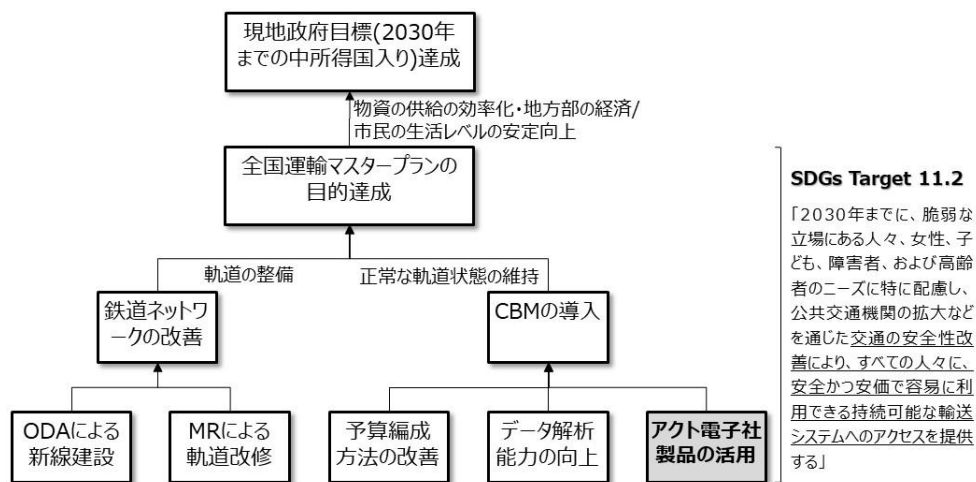


図 3-2 期待される開発効果

出典：JICA 調査団作成

また、さらなる本製品の利用範囲の拡大を通じて、全国に延びる鉄道ネットワークの改善が図られることにより、物資の供給の効率化が進み、地方部の経済や市民の生活レベルの安定や向上に繋がることが期待され、現地政府が掲げている 2030 年までの中所得国入りに貢献するものと考えられる。このことは、国連サミットで採択された持続的な開発目標(Sustainable Development Goals : SDGs) のターゲット 11.2 「2030 年までに、脆弱な立場にある人々、女性、子ども、障害者、および高齢者のニーズに特に配慮し、公共交通機関の拡大などを通じた交通の安全性改善により、すべての人々に、安全かつ安価で容易に利用できる持続可能な輸送システムへのアクセスを提供する」の内容と合致するものであり、本事業が一定の開発効果をもたらすことに貢献するものであると言える。

3-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

アクト電子が本社工場を置いている地元川崎市は、『川崎市中小企業活性化のための成長戦略に

関する条例』(2015年12月)にて海外市場開拓支援を柱の一つとして掲げ、積極的に中小企業海外展開を推進している。今回MRへ提案した製品群が測定サービスというかたちであれ、現地へ提供される場合、その開発・製造を日本国内(川崎工場)で行うことになるため、川崎市製品の海外展開促進に寄与することになる。さらに、売上に比例した資材調達というかたちでの地元経済への還元と、それに応じた雇用確保も検討することになり、地元経済活性化の一助になると見ている。

また、本事業の取組みにより、ミャンマー国の鉄道網の健全化が図られ、その結果として、モーダルシフトによる低炭素都市の実現に寄与することは、ヤンゴン市と川崎市が締結している『低炭素都市づくりに向けた都市間連携に関する覚書』(2016年3月25日)を後押しすることになると捉えており、間接的にも地元地域への貢献につながると言える。

なお、同社は前述したとおり、研究・開発型企业であり“ユーザから依頼のある特注案件”についても迅速かつ積極的に対応する会社方針であり、これまでも当方針を維持・貫徹してきた。ミャンマー国に対しても、本事業を通じて現地に適した製品を研究・開発し、途上国向け製品のモデルを新規開発することが期待される。とくに、アクト電子はこれまでも大学や鉄道事業者らと新技術について共同研究を重ねてきており、いくつかの製品について特許を共同取得していることから、本事業を通して、途上国向け製品開発についても共同研究体制を組むことでより一層の強力なパートナー連携を図ることができ、さらには鉄道産業界のさらなる活性化につなげることができると考えている。

第4章 ODA 事業との連携可能性

4-1 連携が想定される ODA 事業

2016年3月に終了した「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」において、MR側の一定の能力向上と意識変革が図られたとの報告がなされており、データ測定に関するニーズは醸成されつつある。本調査でもMRとの協議のなかで、維持管理方法として、事後保全（Breakdown Maintenance :BM）や時間基準保全（Time Based Maintenance :TBM）から、軌道状態をデータにより定量的に評価したうえで修繕を行う状態基準監視保全（Condition Based Maintenance :CBM）が主流化していくトレンドを紹介したところ、MRの軌道統括責任者から「将来的には、CBM導入の必要性を感じている」との発言があった。また、本調査における協議やデモンストレーションに積極的に本社の若手職員を同席させており、MRが近い将来、CBMのような近代的な維持管理方法を目指す必要性を感じていることがうかがえた。

一方で、3章で述べたとおり、現状の点検体制と予算編成方法では、定量的な状況に基づいた最適なリソース配分が行えないのは明らかであり、MR全体の意識改革を含めた制度改善が必要である。保全に対するMR全体の意識改革という点からは、現在実施中である類似の技術協力プロジェクト「鉄道車両維持管理・サービス向上プロジェクト」と連携することで、本事業との相乗効果をもたらすものと思われる。なお、第三回現地調査におけるデモンストレーション実施時に、「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」で技術指導を受けた職員が随行支援してくれるという場面もあり、調査団としてもこのような技術協力型プロジェクトとの相乗効果の可能性については大いに期待できるといふ心象を得ている。（本紙冒頭に掲載の写真参照）

ただし、実施中の「鉄道車両維持管理・サービス向上プロジェクト」は鉄道車両に特化した案件であるため、これとは別に「鉄道安全性・サービス向上プロジェクト」の終了時に提言されている『軌道の基礎理論解析ならびに変位等基礎的データの測定を実行できる組織の設立』をも含めたMR組織全体に対する管理能力向上をターゲットとした案件の形成が望ましい。

なお、MRの維持管理能力強化を目指す場合、日本のようにスキルの高い技術者を育成することで能力を向上させるという方法もあるが、一方で、人材育成に係る労力、コスト、時間や、技術を身につけた技術者が転職してしまうリスクも考慮する必要がある。現在、日本を含めた先進諸国ではアセットの老朽化、少子高齢化による利用者数の減少や技能伝承問題（熟練職員の退職などによる保守員不足）への対応としてCBMを積極的に取り入れる試みが開始されている。（図4-1参照）発展の流れは異なるものの、ミャンマー国も同じような課題（アセット老朽化、収入減、熟練保守員の不足）を抱えているとも言え、携帯電話に代表されるようなリープフロッグが可能な途上国であるからこそ、積極的に近代的な維持管理方法を導入出来る素地があり、そのメリットも大きいとも考えられるため、今後の技術協力プロジェクトにおいても積極的にCBMを取り込むことが重要であると考えている。

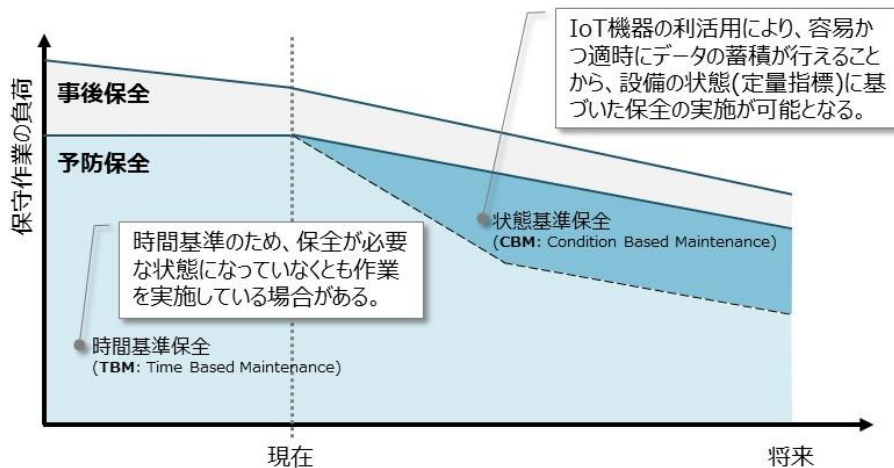


図 4-1 維持管理のトレンド¹²

出典：日経 XTECH 「「スマート化」する鉄道、IoT 活用でより安全・便利に」

(<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/mag/15/021200032/021500001/?P=3>) を基に調査団にて作成

4-2 連携により期待される効果

本事業の実施により、軌道状態を適時かつ定量的に把握する仕組みを提供することになる。上述した技術協力プロジェクトと連携することで、これらの定量データをベースにした修繕計画の策定やさらには予算編成策定能力の向上といった次のステップへの躍進に貢献出来ると考えている。技術は伝承したもの、予算確保の困難さから保守ができずに事故低減につながらなかったということを抑制する動きになると捉えている。

このような取り組みは、有償資金協力で建設する新たな鉄道軌道の適切なる維持管理にもつながり、前節 4-1 であげた技術協力プロジェクト以外の ODA 事業との間接的な連携になると言える。

¹² 出典元では、CBM 導入により、データを高頻度で取得するようになるため、設備の劣化傾向などを TBM よりも早期に把握できるようになり、劣化が顕著な部分をいち早く交換したり、逆に劣化や故障が見られない部分は一律の交換周期によらず長く使う、といった運用が可能になる。これにより、メンテナンスの質を下げずに負荷を減らせる可能性がある。と紹介されている。

別添資料

1. 第一回現地調査において紹介した製品群

● 高速対応型自動遊間測定装置 (ギャップマン)



- ・ レーザ・ドップラ応用型測定器
- ・ 高速(最大 120km/Hr)移動中でも、01.mm の分解能でレール遊間を測定可能
- ・ 測定データは一体型信号処理装置内のハードディスクに自動記録するため、測定中の機器操作が不要
- ・ 旅客車両に取り付け、営業運転中にレール遊間を自動測定することで、迅速かつ容易に要メンテナンス箇所の特定が可能

● 高精度レーザドップラ車速・移動距離計 (MODEL2532A、MODEL 1521T (センサー))



- ・ 非接触測定の為、車輪の滑りや空転・磨耗の影響を受けず、高精度な鉄道車両・自動車の位置情報の取得が可能
- ・ 路面の凹凸や雨・雪・氷等様々な路面で測定が可能
- ・ 停止した状態からの速度・移動距離測定が高精度に行なえるので、車両の加速・減速試験に最適
- ・ GPSが利用できない地下や高架下でも測定可能

● 光切断法 三次元画像処理 車輪形状測定システム



- ・ 低速走行する車両の車輪形状を非接触で測定
- ・ 測定用レーザ光は、車輪が測定ゲート間に有る時のみ射光
- ・ 測定値と車輪頭部のプロファイルが測定可能
- ・ 新品車輪プロファイルと測定プロファイルの重合せ表示が可能
- ・ 車輪管理システムへのデータ移管が可能
- ・ 汎用ハードウェアとソフトウェアを取り入れ、低価格を実現

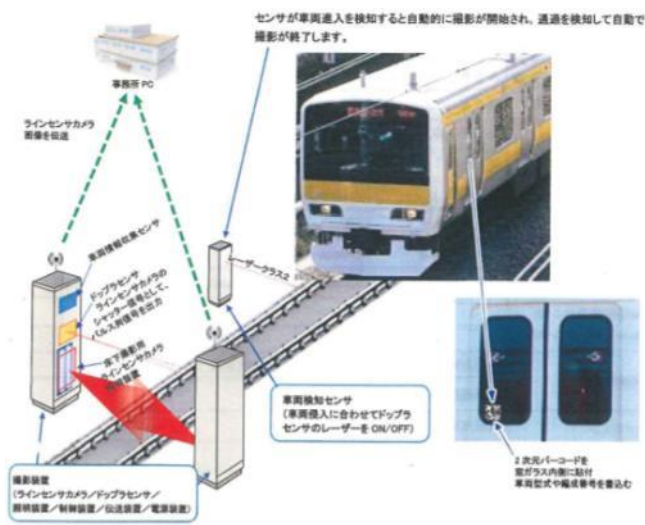
● 光切断式 レール断面形状測定装置



- ・ 最速 50km/Hr の移動中でも、レール摩耗を 1m 間隔で 1mm の精度で測定可能
- ・ レール高さ、ゲージロス、ゲージコーナー45° の摩耗量を自動計測可能
- ・ 測定結果は車上のパソコンの記録媒体へ自動記録

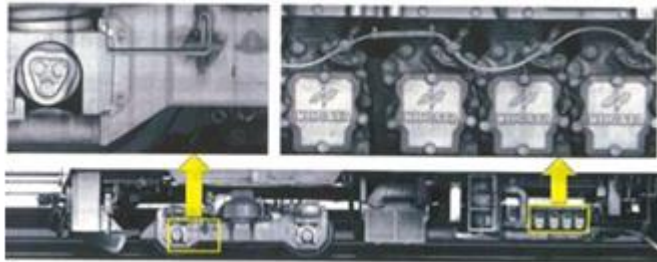
● ラインセンサを用いた車両外観監視装置

測定構成図（車両床下側面撮影）



- ・ レーザドップラセンサにより、進行方向に正規化された画像を生成
- ・ エンコーダ使用時の滑り・摩耗によるズレがなく撮影画像は常に一致
- ・ 高精細な画像を用いた診断が容易に可能
- ・ 測定距離は 700mm のため、建築限界内に余裕をもって設置が可能
- ・ 車両検知センサにより自動的な投影開始・終了が可能
- ・ 投影された画像データを転送し事務所での処理も可能

撮影結果



2. 第二回現地調査におけるデモンストレーション概要

(1) 実施目的

MR 職員にレーザ・ドップラの原理を理解いただくとともに、提案製品に対する技術的な信頼を寄せていただくことを目的として測定のデモンストレーションを実施した。

具体的には、MR の保線担当統括責任者から発せられた 『列車動揺の原因について、車両側から来るものなのか、軌道状態から来るものなのかを明らかにしたい。』というニーズに対して、アクト電子社製品が応えられるということを示す狙いで実施している。

(3) 実施日時

2018年7月10日(火)

(4) 使用機材

レーザ・ドップラ移動速度計

(5) 測定項目および測定方法

営業列車の走行時に動揺を感じた地点を、レーザ・ドップラ移動加速度計により性格に記録しておき、その地点における列車通過時のレールおよびまくらぎの沈下量を測定することで、動揺の原因が軌道から来るものなのかどうかを確認するというシナリオを設定した。

なお、デモ自体の実施については、第三回目の現地調査時に行うことを想定していたが、MR 側の強い要請があり、急遽、第二回現地調査(要請を受けた翌日)で行うことになったことから、列車動揺の測定は行わず、移動距離(以下 a))と沈下量(以下 b))の測定に特化している。

a) 列車移動速度および移動距離

MR の保守用車両前面にレーザ・ドップラ移動速度計を設置し、ビンマナー駅(ネピドー駅の南側2つ目の駅)からネピドー駅までを走行し、この間の速度と移動距離を測定・記録した。



b) 列車通過時のレール・まくらぎの沈下量

上記 a)の測定後、そのままネピドー駅構内(ビンマナー駅方面側)において、レールとまくら

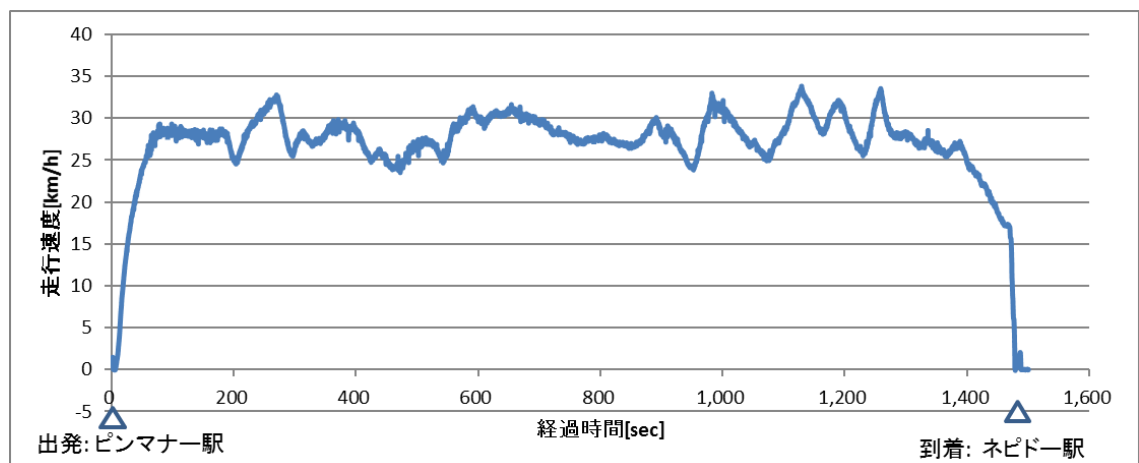
ぎの沈下量を測定した。保守用車両に設置していた測定器を取り外して、レールおよびまくらぎにレーザを照射できるようにレール側面に設置した後、保守用車両にその場所を通過させ、レールおよびまくらぎの沈下量を測定・記録した。



(6) 測定結果

a) 列車移動速度および移動距離

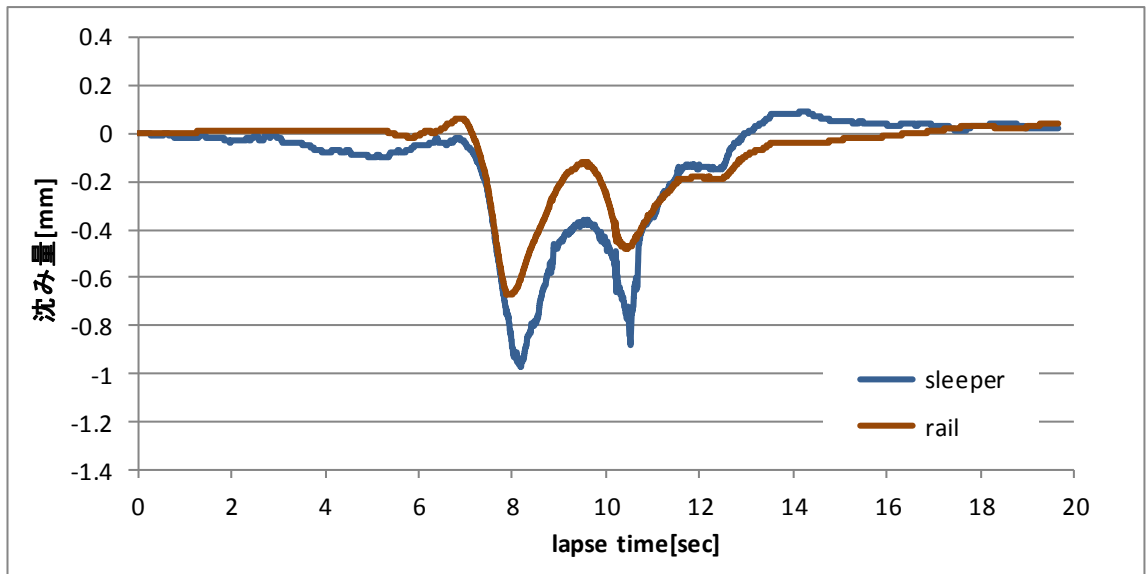
ビンマナー駅からネピドー駅までの約 11km の移動距離と速度を測定した結果を以下に示す。なお、軌道内に草が生い茂っている箇所があり、測定データが取得できなかったポイントがあったため、手動でデータ調整を行っている。¹³



b) 列車通過時のレール・まくらぎの沈下量

下図のように車両通過時のレールおよびまくらぎの沈下量を測定することができた。

¹³ デモ時は草が生い茂っていることを想定していなかったため、測定点を軌道面に設定していたが、草があることが想定される場合は、それを考慮して設定すればこのようなデータ飛びはほとんど防止できる。また、仮に測定できないポイントがあってもそれを自動補間する機能もあるため、実際の運用面では当該機能を用いれば手作業での補間を強いることはほとんどない。



(7) 本デモンストレーションの総括

MR 本社の保線担当統括責任者を筆頭に多くの職員に本製品の有用性を体感いただき、『列車動揺箇所の特定に本製品を利用できるのではないか。』という具体的な利用ニーズについて発言を得られたことは、当初の目的を大いに上回る成果であったと言える。

調査計画上、デモンストレーションは第三回現地調査での実施を予定していたが、MR 側の強い要請があったことと、その要請の翌日には測定に必要な機材一式(本線の利用許可を含む)を用意いただけたことにより実現している。また、デモンストレーション当日は、MR 本社の保線担当統括責任者を含めた3名の幹部に測定車両に添乗いただき、測定の様子の一部始終をご確認いただいている。このことから、MR 側の本線品に対する強い期待を得られていることの照査であると捉えている。

3. 第三回現地調査におけるデモンストレーション概要

(1) 実施目的

レーザ・ドップラ測定装置と加速度計を組み合わせることで、列車が動揺する位置を正確かつ容易に測定できることを、保線に関する予算申請から実施までを所管している MR 職員(管区長)に理解していただくことを目的として測定のデモンストレーションを実施した。

具体的には、MR の保線担当統括責任者から発せられた『列車動揺の原因について、車両側から来るものなのか、軌道状態から来るものなのかを明らかにしたい。』というニーズに対して、実際の軌道状態を測定したデータを基に説明することで、アクト電車社製品の組み合わせによりニーズに応えられるということを示す狙いで実施している。

(3) 実施日時

2018年9月11日(火) ～ 12日(水)

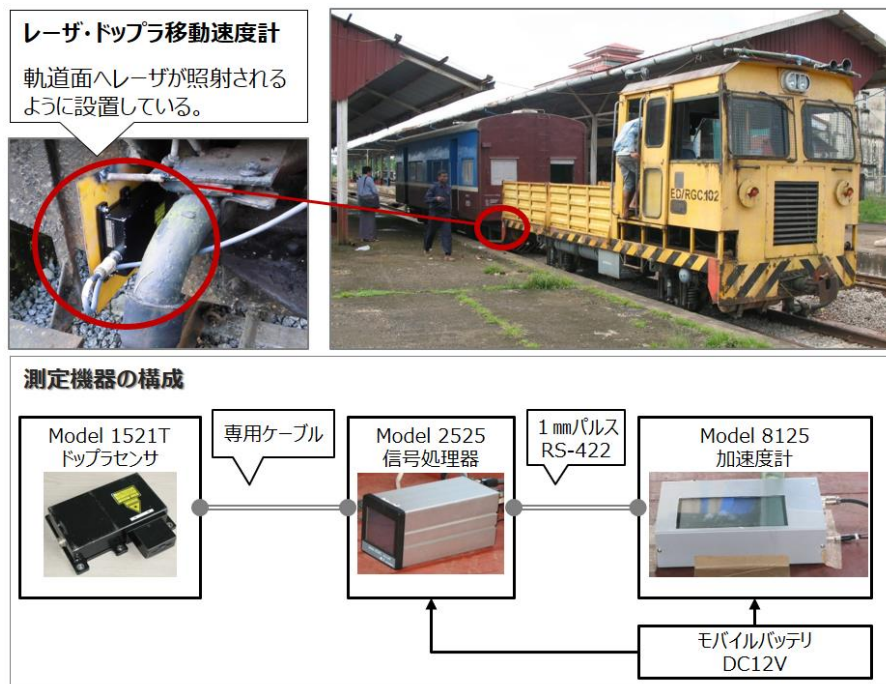
(4) 使用機材

レーザ・ドップラ移動速度計および加速度計

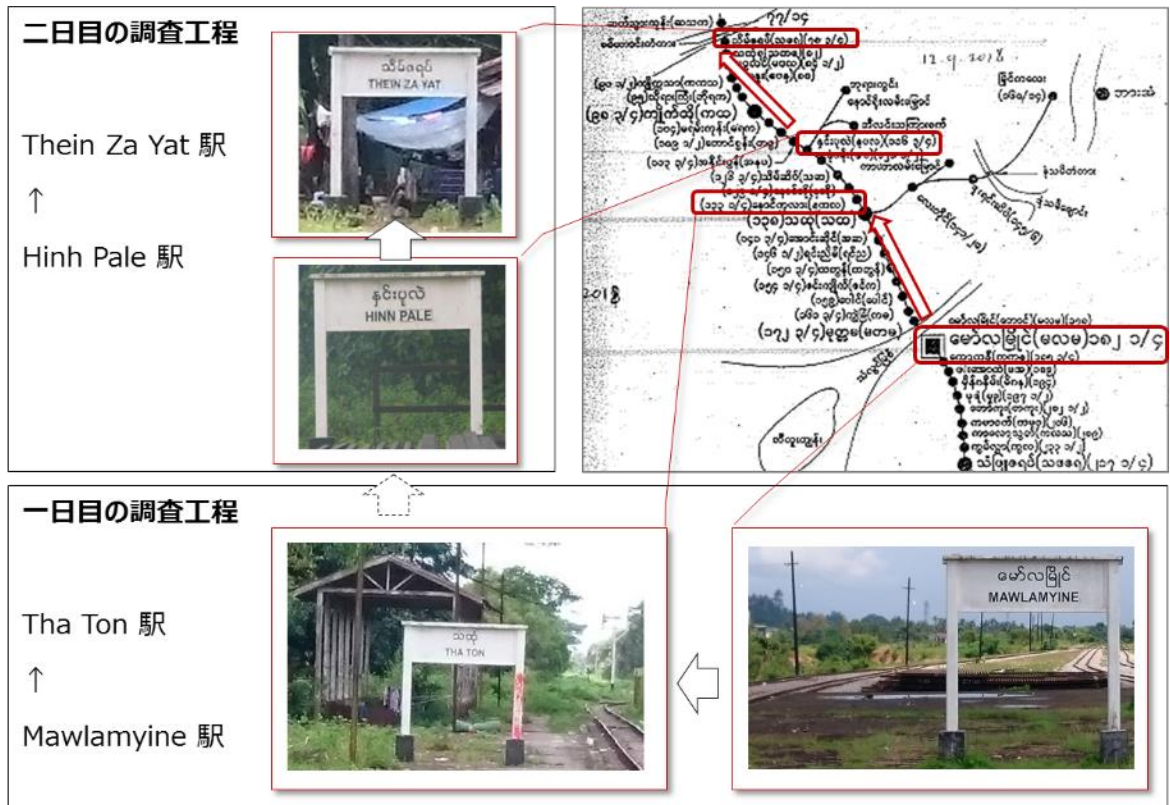
(5) 測定項目および測定方法

営業列車の移動距離をレーザ・ドップラ移動加速度計により正確に記録しつつ、加速度計にて列車動揺をも記録することで、移動距離に基づいた列車動揺状況が定量的に把握できるというシナリオを設定した。

軌道が客車の重量で沈降する状況も把握したいという現地側のニーズもあり、レーザ・ドップラ測定機器と加速度計を設置した客車を、保守用車両で牽引する2両編成とした。



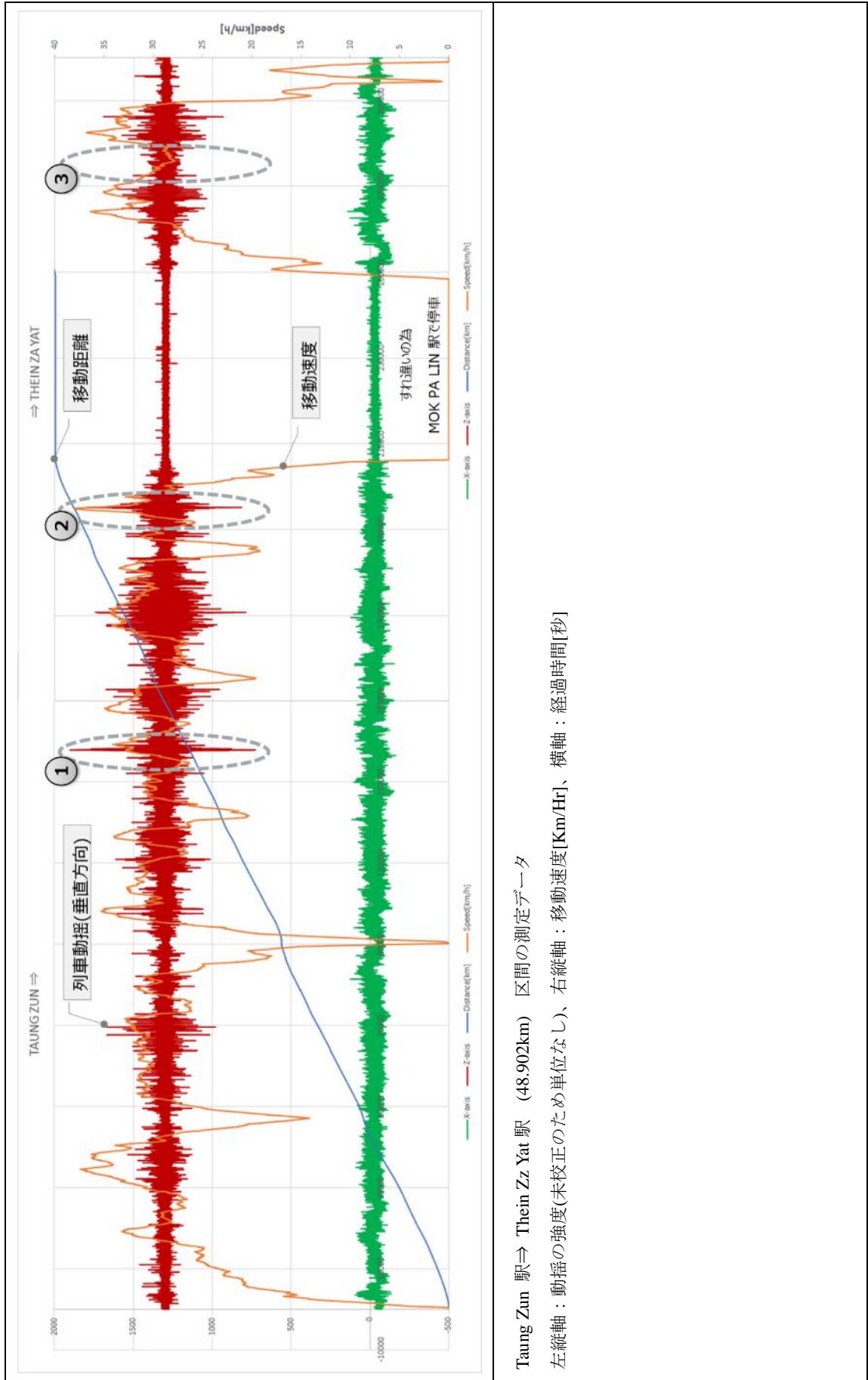
なお、測定対象区間は、なるべく異なる軌道状態が測定できるよう、昨年に軌道を改修したばかりの区間としばらく改修していない区間を取り込むかたちで測定対象を選定し、管区中央のモーレマイン (Maw Lam Yaing) 駅から、ティエンザヤット (Thein Za Yat) 駅までの約 100km を超える区間となった。営業線を避けるかたちでの測定となることから、2 日間にわたっての測定としている。



出展 MR 提供の路線図を基に JICA 調査団にて作成

(6) 測定結果

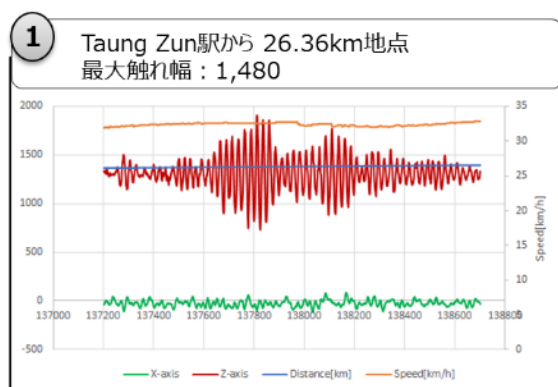
測定二日目に、Taung Zun 駅から Thein Zz Yat 駅 (48.902km) 区間で測定したデータを以下に示す。途中、Mok Pa Lin 駅で上下線すれ違いのため停車している時間帯 (地点) があるが、その前後で動揺の大きさが変化していることが分かる。



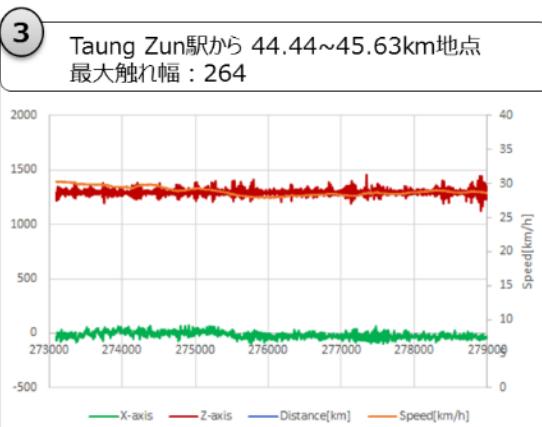
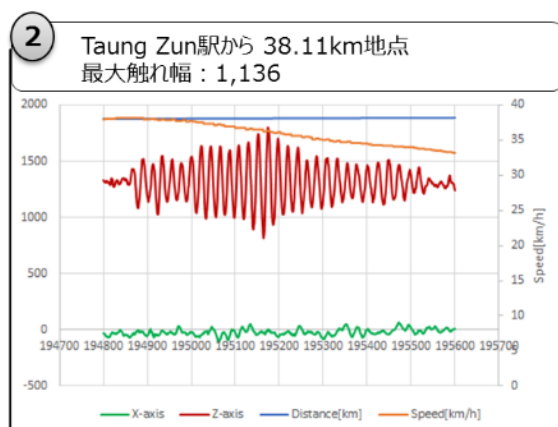
Taung Zun 駅⇒ Thein Zz Yat 駅 (48,902km) 区間の測定データ

左縦軸：動揺の強度(未校正のため単位なし)、右縦軸：移動速度[Km/Hr]、横軸：移動時間[秒]

上図中の3地点の測定データを拡大した図を以下に示す。昨年、軌道改修した区間(Taung Zun 駅から 45km 地点：図番号③)と未改修区間(Taung Zun 駅から 25~40km 付近：図中①・②)の触れ幅を比較すると、最大で、5 倍くらいの差があることがわかる。なお、加速度計は、本デモンストレーション用に製作したもので、未スケールングであったため、表示している数値自体には意味がなく、相互比較する場合のみに有効となる。



- 昨年、軌道改修した区間(Taung Zun 駅から 45km 地点)と未改修区間(Taung Zun 駅から 25~40km 付近)の触れ幅を比較すると、最大で、5 倍くらいの差があることがわかる。
- なお、加速度計は未スケールングのため数値は、比較のみに有効である。



(7) 本デモンストレーションの総括

第二回現地調査において MR 側から得られた『列車動揺箇所の特定に本製品を利用できるのではないか。』という具体的な利用ニーズについて、今回のデモンストレーションにより実証することができた。

測定結果を管区長へ説明した際に、「現行の測定装置だけを用いて測定する方法と比較すると、測定すべき箇所が容易かつ正確に把握できるため、併用することで作業効率が大幅に向上するであろう。」という発言を得ることができた。なお、管区長からの価格提示を依頼されたが、製品保守などの付帯サービスを含めた条件設定により大きく変わるため、後日の提示としている。

3 回目の現地調査においても、MR の多大なる協力のもとで実施することができている。今回の調査は 9 月 10 日(月)夕方に本調査の趣旨を管区長へ説明するところから始めたのであるが、説明後すぐに駅構内に留置していた車両を測定用に供する手配をしていただくとともに、翌日の運行手配をもしていただき、説明終了後からわずか 14 時間後の翌 9 月 11 日(火)朝より測定を開始することができた。そのうえ、測定当日には JICA の技術協力プロジェクトで日本人専門家

から技術指導を受けた職員が同行支援していただけるといった厚待遇を受けている。(本紙冒頭の写真を参照)



(管区長へのデモ実施方法説明@9月10日夕方)



(管区長への測定結果説明@9月12日午後)

今回、合計3回の現地調査を通じて、当初想定していた以上にMRからの支援が得られたことで、本調査が円滑に実施することができた。これは、これまでにJICAが実施してきた資金協力事業や技術協力プロジェクトの結果が、MR側に歓迎されるかたちで受け入れられていることの表われであると調査団一同が捉えている。