

Prismo[®]

-半世紀の実績ある自動運転技術を基に カーボンニュートラルを実現する次世代 AGT-

Prismo[®]: An Even Greener AGT Solution



田代 太郎*¹
Taro Tashiro

山口 伴睦*²
Tomochika Yamaguchi

猪俣 龍*³
Ryu Inomata

井原 雄人*⁴
Yuto Ihara

2025年5月19日、三菱重工業株式会社は実績のある全自動無人運転(GOA4)の新交通システムをベースに開発を進めてきた新ブランド“Prismo[®](プリズモ)”を市場投入した。車載蓄電を活用したエネルギーマネジメントシステムを採用して環境性能を高めた車両を、100%太陽光発電で発電した電力を使用する広島・三原製作所で製造し、インフラの省資源化も進め、世界のカーボンニュートラル化をリードしていく。

1. 三菱重工における AGT の開発

1.1 三菱重工軌道系交通事業の歴史(表 1)

三菱重工業株式会社(以下、当社)は蒸気機関車製作から本格的に事業を開始し(表 1-①)、1971年より無人運転を特徴とする AGT^{注1)}の開発に着手した(表 1-②)。

1981年より国内 AGT のシステム建設に参画し(表 1-③)、1998年の香港空港を皮切りに海外展開を開始(東南アジア、米国、中東等実績多数)した。また、2007年には初の新幹線輸出である台湾新幹線、2009年には世界最長の無人運転システムであるドバイメトロ(Dubai Metro)を完工させるなど、軌道交通のフルターンキープロジェクトでも実績を積み上げてきた。

当社は、1971年に AGT の原型となる MAT システム開発以降、多数のプロジェクトにおける AGT 車両製造を含むシステム構築の実績を有している。各案件を通じて Operation & Maintenance(O&M)及び顧客の声を取り込みながら知見を蓄積するとともに、システムインテグレーターとして車両・電力・制御・通信等の各サブシステムに関する技術を体系的に発展させてきた。これらの経験とコア技術、研究成果を活かし、2025年に次世代 AGT “Prismo[®]”を開発・市場投入した(表 1-④)。

注1) AGT:Automated Guideway Transit の略。国内では“新交通システム”の名称で馴染みがある、都市部の中量輸送用に最適化して設計された交通システム。他の軌道交通と同様に鉄道の信号システムにより制御・安全確保したうえで、40年以上に及ぶ GOA4 レベル(全自動無人運転)の実績、ゴムタイヤによる急勾配対応・静粛性、小型車両に拠る小半径対応が特徴である。無人運転を基本とするが、法規制などによりワンマン運転する路線もある。

*1 プラント・インフラドメイン モビリティエンジニアリング部 主席プロジェクト統括

*2 プラント・インフラドメイン モビリティサービス技術部 主幹技師

*3 プラント・インフラドメイン モビリティ営業部

*4 早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 客員准教授



表1 当社における軌道系交通事業の歴史

1.2 当社の AGT 車両の特徴

当社製車両は次の特徴がある。

(1) 軽量

アルミ製ダブルスキン構造の車体, 座席, ハーネスなど軽量部材の積極採用により軽量化と定員増に対応している(図 1)。

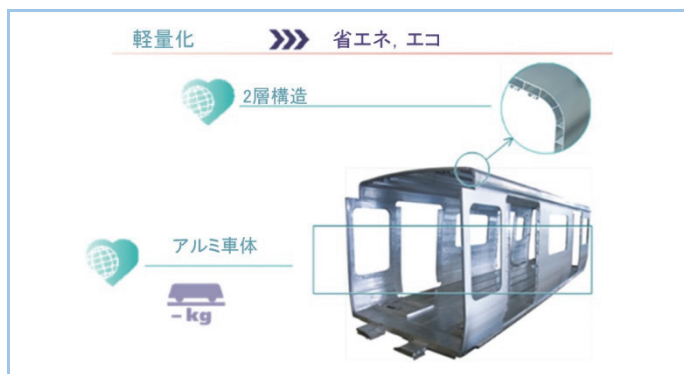


図1 軽量化された車体

(2) スムーズな動きをする台車

市街地や空港ターミナルなど、建物間を縫うように走行するが、当社独自のステアリングボギー台車でスムーズに走行できる(図2)。



図2 スムーズに動く台車

(3) 専用設計の自社開発コンポーネント

環境・メンテナンスに配慮した自社開発の空制ブレーキ用オイルフリースクロール圧縮機を採用し、省廃棄物を実現している(図3)。



図3 専用設計の機器

2. Prismo

2.1 ブランディング

当社製 AGT システムのブランドであるクリスタルムーバーファミリーに、既存のサイドガイド式の“Urbanismo®(アーバニズモ)”に続く新たなブランドとして、今回、センターガイド式で車両蓄電を特徴とする Prismo が加わった(図4)。



図4 次世代 AGT Prismo

2.2 Prismo の特徴

(1) エネルギー効率向上

車上蓄電には新開発の高性能キャパシタ(以下、“キャパシタ”)を採用し、駅停車中に急速充電した電力で AGT の標準的な駅間距離である 2km を走行する。減速時の再生電力を車上蓄電で無駄なく蓄電・活用することで、従来の AGT システムと比べ約 10%の省エネ運行及び

約 10%の CO₂ 排出量削減を実現する。駅間走行中の給電は不要となり、万一の停電時も乗客を安全に次の駅まで送り届けることが可能(図 5)。また、駅での急速充電を繰り返しても、一般的な蓄電池に比べ長寿命で軽量といった特徴がある。加えて、充電状態をリアルタイムにモニタすることができ、AGT システム全体のエネルギーマネジメント効率化を実現する(図 6)。

(2) インフラ物量の削減

駅間の給電レールが不要となり、サイドガイドレールに代わりセンターガイドレールを採用(図 7)したことで、線路脇の構造物設置スペースが不要となり、従来式と比べて建設物量や軌道構造物幅の削減が可能となる。

(3) メンテナンス省力化

駅間の給電レールが省略され、点検・交換のメンテナンス負荷を軽減できるだけでなく、飛来物による給電レールの短絡など運転支障リスクを低減できる。

(4) 都市への適用性

Prismo では既存の Urbanismo の登坂能力 10%を受け継いだうえで、センターガイドの採用により旋回半径は R30 から更に小さな R22 に対応する。ゴムタイヤ走行の特徴である静粛性は、給電レールを排したことにより走行中の給電レールとの摩擦音が排除され、より一層向上した。

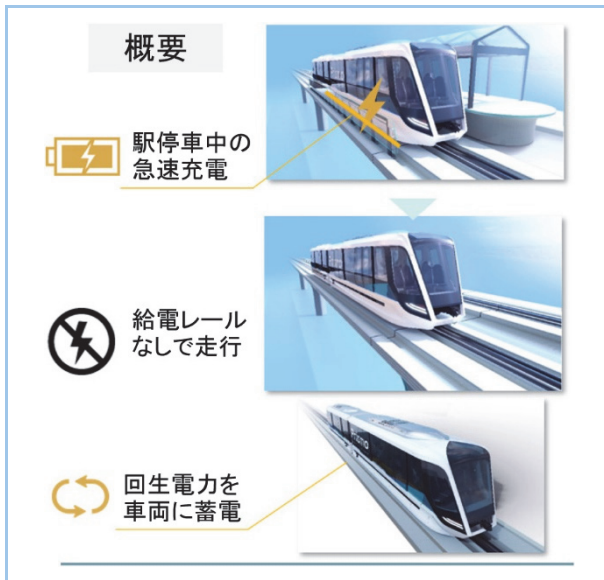


図5 Prismo の電力供給システム

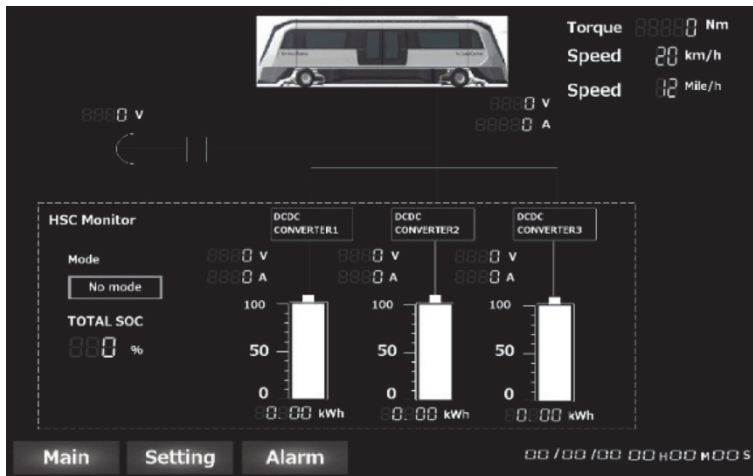


図6 車両状態のモニタ画面例

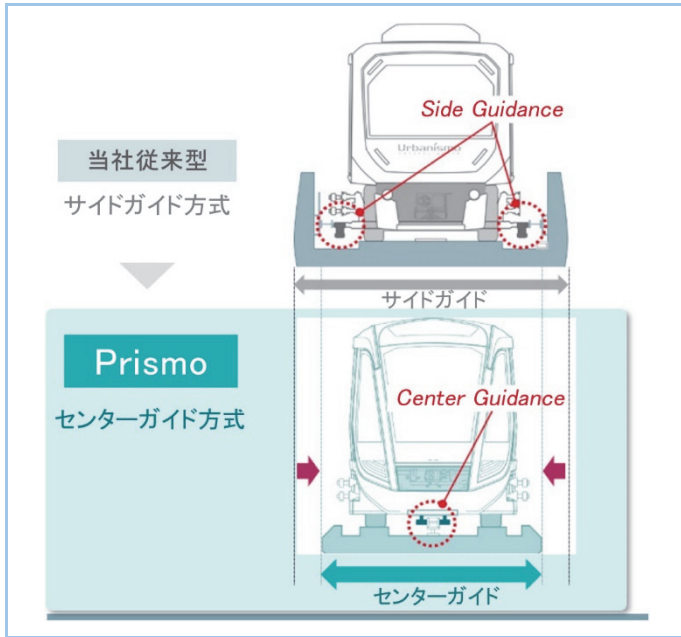


図7 Prismoの車両ガイド

3. カーボンニュートラルへの貢献

Prismo は従来車両と比較し、車両製造時の再生可能エネルギーの利用、架線レスによるインフラ建設時の資源投入量の削減、走行時の回生電力の有効活用等により CO₂ 排出削減が可能である。本章では Prismo の製造・走行・廃棄までのライフサイクル全体の LC(ライフサイクル)-CO₂ を評価し、カーボンニュートラルへの貢献について示す。

3.1 車両製造時の CO₂ 排出

車両製造を行う当社三原工場に設置された太陽光発電を活用することで、エネルギー使用時の CO₂ 排出量が 86.3% 減少し、車両製造時全体で CO₂ 排出量を 37.9% 削減した(図 8)。

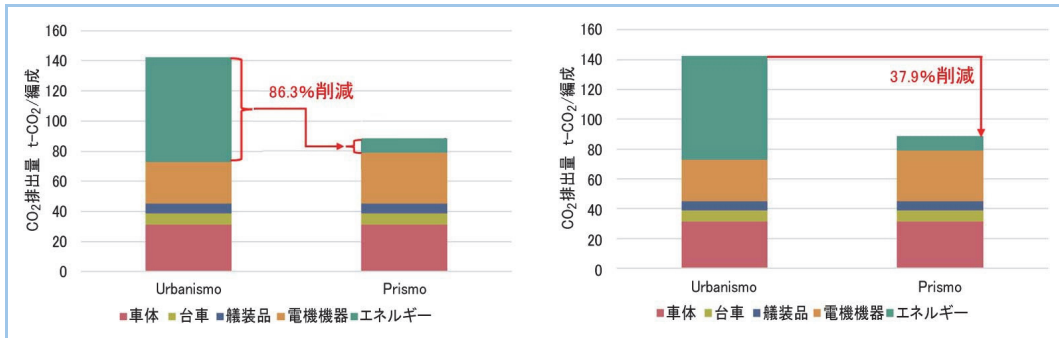


図8 車両製造時の CO₂ 排出量の比較

3.2 インフラ建設時の CO₂ 排出

インフラ建設時の CO₂ 排出について、軌道、電力線、駅ドア、信号、通信設備に分類し評価した。Prismo は走行時のガイドをセンターガイド 1 本とし軌道敷設の資源投入量を減少させた。また、前述した車上蓄電を活用して駅停車ごとの充電による架線レス走行を実現し、駅間の電力線敷設を不要とした。この結果、インフラ建設時の CO₂ 排出量を 46.6% 削減した(図 9)。

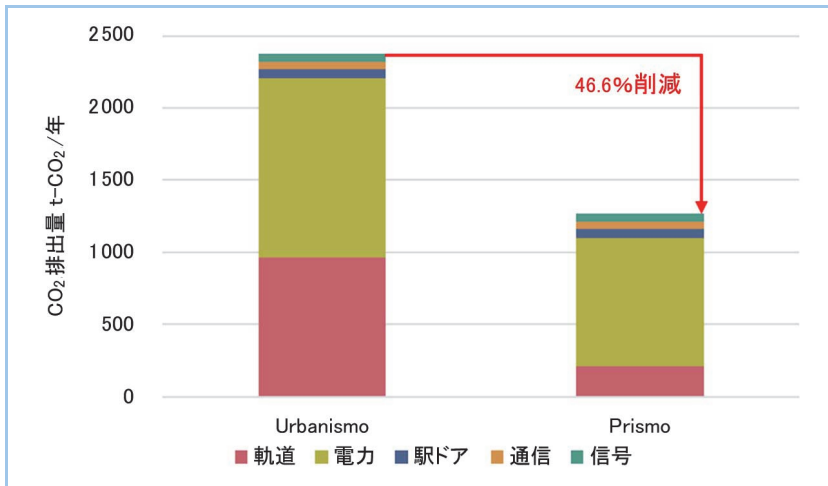


図9 インフラ建設時の CO₂ 排出量の比較

3.3 走行時の CO₂ 排出

車上蓄電により、従来車に比べ回生電力を効率的に車上で回収可能とし、従来車のエネルギー消費が 2.17kWh/km であるのに対し、Prismo では 1.97kWh/km に改善した。その結果、走行時の CO₂ 排出については、米国のある空港 AGT システムにおいて 13.2 万 km/年の走行距離の場合に CO₂ 排出量を 9.4%削減できることが分かった(表 2, 図 10)。

表 2 運用フェーズごとの削減量と削減率

	製造	走行	メンテ	最終廃棄
削減量	1569.1t -CO ₂	4751.34 t-CO ₂	38.4 t-CO ₂	73.1 t-CO ₂
削減率	43.6%	9.4%	6.1%	55.6%

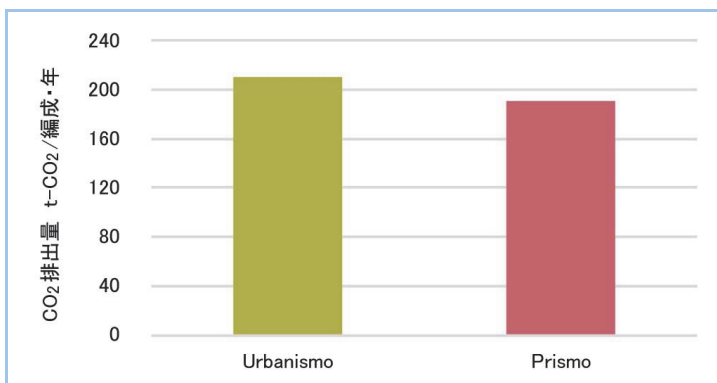


図 10 走行時の CO₂ 排出量の比較

3.4 ライフサイクル CO₂ 削減効果の評価

以上を踏まえて、Prismo を 30 年間運用した場合の LC-CO₂ を評価したものを図 11 に示す。LC-CO₂ では上記の製造・走行に加えて、30 年間の運用の中でのメンテナンス及び最終廃棄時の CO₂ 排出量を考慮した。

表 2 に示すように Prismo の CO₂ 排出量は、Urbanismo と同様に走行時の排出が大きく、回生電力の活用による省エネの効果により削減量としても寄与している。一方で、製造時・最終廃棄時は資源投入が大幅に削減したことにより削減率が大きい。今後さらなる CO₂ 排出削減を進めるためには、走行時での電力に対して再生可能エネルギーの積極的な活用を行うことが必要になる。

また、カーボンニュートラルの達成のためには車両の CO₂ 排出削減に加えて、1 人あたりの CO₂ 排出削減も重要となる。満員時の Prismo の CO₂ 排出率は 7.66g-CO₂/人キロである。これは同条件での乗用車の 10%程度⁽¹⁾であり、車両単体の効果と乗り合いの効果を組み合わせることでカーボンニュートラルへ貢献することができる。

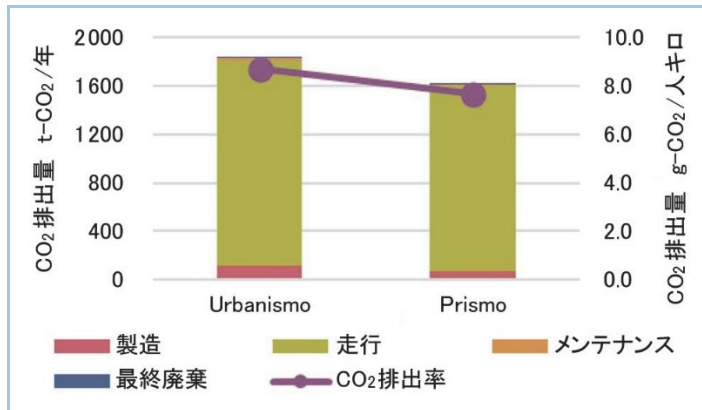


図 11 LC-CO₂によるCO₂排出量の比較

4. 三原試験線

2014年に当社和田沖工場内で運用開始した日本初の総合交通システム検証施設はAGT専用試験線を有しており、本Prismoの新規技術開発においても実証設備として活用されている(図12)。



図 12 総合交通システム検証施設(和田沖工場)

AGT試験線は、Urbanismo用(サイドガイド式)試験線と、Prismo用(センタガイド式)試験線があり、車両性能、カーブでの騒音・振動、さらには信号、通信、電力、運行管理の各種試験を総合的に実施できるようになっている。

(1) システム検証

- ・車両や信号などの規格適合や認証、評価のためのデータ取得
- ・RAMS(IEC 62278), EMC(IEC 62236)対応, 耐久試験, サブシステムを組み合わせたインテグレーション試験

(2) 現地再現試験

- ・新規路線で要請がある場合の各種事前試験, 事象再現試験
- ・各種環境対応試験(騒音, 振動, EMC)

(3) トレーニング, デモンストレーション

海外新興国に限らず, 新規システム導入時の顧客の要望に応じた運用・維持トレーニング, 現地試運転に備えた事前トレーニング

・鉄道システムのデモンストレーション

和田沖工場内にはソーラーパネルを配備し(図13)、この総合交通システム検証施設及び車両工場の電力を100%賅っている。



図13 ソーラーパネルと Prismo 試験車両(和田沖工場)

5. スマートメンテナンス

当社はシステム納入にとどまらず、世界各地で営業運転開始以降のオペレーション&メンテナンス(O&M)も担っており、市場投入された Prismo においても同様に高品質な O&M を提供する。AGTシステムにおけるO&Mの経験は1998年の香港から始まり、現在では北米、東南アジア、中東へと拡大しており、これらの豊富な経験に基づき高い安全性と信頼性を維持している。Prismoでは、給電レールの省略によるメンテナンス省力化に加え、車両状態や充電状態を把握できる機能を活かすことで、次のようにメンテナンスを進化させる。可能な限り多くの検査項目を自動化することにより検査品質の向上を図るとともに、定期メンテナンス間隔の延長を可能とし、製品価値を更に向上させる計画である(図14)。

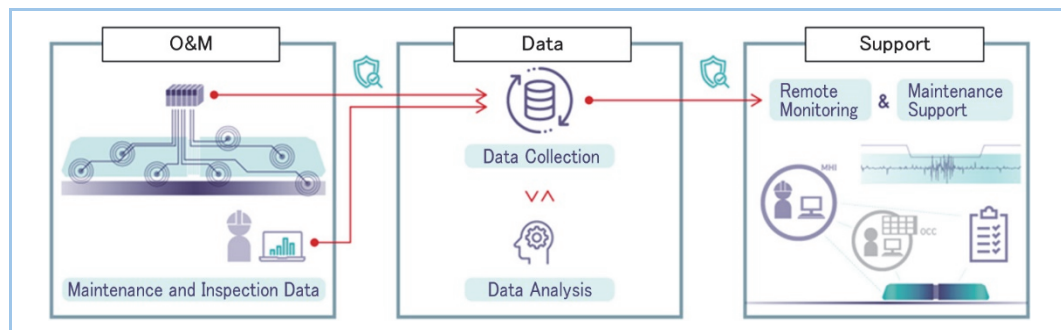


図14 車両関連スマートメンテナンス

5.1 状態監視による最適化

定期メンテナンスだけでなく、状態監視として主に車両部品の摩耗・劣化状況などをモニタし、これにより部品の交換頻度を最適化できるだけでなく、トラブルが発生前の対処を可能にし、稼働率の低下を防ぐことができるようになる。

5.2 DXによる省力化

AI画像診断により目視検査の代替を行うことや、センサでの計測により異常検知、摩耗測定や寸法測定を代替することにより、熟練技術者の技量に頼ることなく、従来より少ない人数でメンテナンスを行うことができるようになる。

5.3 データドリブンによる効率化

紙と手書きの記録からモバイル端末を使用したデジタル履歴データへ移行し、センサでの摩耗測定や寸法測定データ、部品交換実績などの長期データを蓄積し、分析、評価を行うことにより最適なメンテナンス、更新時期を決定し、計画的な部品交換、予備品在庫の適正化が可能になる。

6. 今後の展開

Prismo は新規路線需要が旺盛な海外の空港や新興都市を主なターゲットとして開発された。そのため、車格が国内向けよりも大きく 100 人/両レベルの輸送力を有する海外市場向けの標準仕様で開発した。

しかしながら 2025 年の Prismo 発表が各種メディアで報じられた結果、複数の自治体・事業者・シンクタンクから想定以上の問い合わせや説明依頼が寄せられ、国内の新規路線計画においても需要が顕在化している。

関係者から寄せられた声に共通するのは、前章までに述べた Prismo の駅間架線レス化とセンターガイド化による建設物量や保守負荷の低減、脱炭素ニーズに合致した環境性能、架線トラブルを回避できる運行継続性、への期待である。そのうえで 1981 年に国内 AGT システム建設参画以降の無人運転 (GOA4) の高い稼働率実績と輸送力が改めて評価されている。

Prismo のこうした特徴が都市交通におけるニーズに合致し、関心を寄せられたことは、大変意義深いことである。現在、当社では具体的な国内外案件に向けた適応性検証を進めている。当社三原製作所の試験線を活用した線形条件や運行シナリオの事前検証、スマートメンテナンス技術の実運用での効果検証等を通じて、Prismo を関係者とともに継続的に改良していく計画である。

こうした取組みにより、Prismo がカーボンニュートラルに資する次世代の公共交通システムとして成熟させ、国内外で長く利用される存在となるべく、関係者の声に耳を傾けつつ、更なる改良を図っていく。

Prismo[®], Urbanismo[®]は日本における三菱重工工業株式会社の登録商標です。

参考文献

- (1) U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration, Public Transportation's Role in Responding to Climate Change, 2010