

持続可能な社会を実現する モビリティインフラの変革

Innovation of New Mobility Infrastructure towards Sustainable Society



成松延佳*
Nobuyoshi Narimatsu

*モビリティインフラシステム事業部長

要 旨

モビリティ関連の社会課題の解決に当たり、欧州のSUMP(Sustainable Urban Mobility Plan)など、人間中心の都市計画に合わせてモビリティインフラを変革する動きがある。都市内・都市間の人流・物流を担う輸送機関として、環境負荷が小さく、輸送効率が高く、安全で誰でも利用しやすい、新しいモビリティインフラへの期待は高い。

そこで、三菱電機はデジタル空間を利用して効率化を図るDX(デジタルトランスフォーメーション)と、技術革新によって環境負荷軽減を目指すGX(グリーントランスフォーメーション)を適用し、100年にわたる鉄道事業での知見・経験とデジタル基盤“Serendie”^(注1)(セレンディイ)を活用した顧客との価値共創によってモビリティインフラを変革して、持続可能な社会の実現に貢献する。

(注1) “Serendipity”と“Digital Engineering”を掛け合わせた造語であり、データ活用を通じて事業横断型のサービスを創出するためのデジタル基盤である。異なる領域の機器やシステム、サービスから集約されたデータのこれまでにない巡り合い(=Serendipity)と、培ってきた技術と限りない創造力(=Digital Engineering)によって、顧客と社会に新しい価値を提供し、活力とゆとりある社会の実現に貢献する。

1. ま え が き

当社は1921年の創業以来100年にわたり、交通・電力・通信など社会インフラ整備の一翼を担い、社会の発展と各種課題の解決に貢献してきた。モビリティインフラ関連では、鉄道システムを中心に国内外に幅広く事業を展開し、顧客とともに、安全・安定輸送の確保、輸送力の増強、省エネルギー化など時代に即した社会課題の解決に取り組んできた⁽¹⁾。

近年、地球環境問題、エネルギー問題、人口問題、緊迫する国際情勢などに伴って社会課題は複雑かつ大規模になり、持続可能な社会の実現が重要な課題になっている。モビリティインフラの分野でも省力化・経営効率向上のためのDXや、省エネルギー・環境負荷軽減のためのGXが進められており、これらは持続可能な社会の実現にも貢献している⁽²⁾。当社はサステナビリティを経営の根幹に据えて、循環型 デジタル・エンジニアリング企業として持続可能な社会の実現を目指す方針を掲げている。この変革を加速するため、2024年5月に、当社独自のデジタル基盤Serendieを活用した価値共創プログラムを開始した(図1)。

持続可能な社会の実現に当たり、欧州のSUMPなど、人間中心の新たな都市計画に合わせて、交通計画やモビリティインフラを変革する動きが見られる⁽³⁾。都市内・都市間の人流・物流を担う輸送機関として、環境負荷が小さく、輸送効率が高く、安全で誰でも利用しやすい、新しいモビリティインフラへの期待は高い。

本稿では、持続可能な社会を実現するモビリティインフラの変革に向けた課題と当社の取組みについて述べる。

モビリティインフラの変革

— 持続可能な社会の実現を目指す —

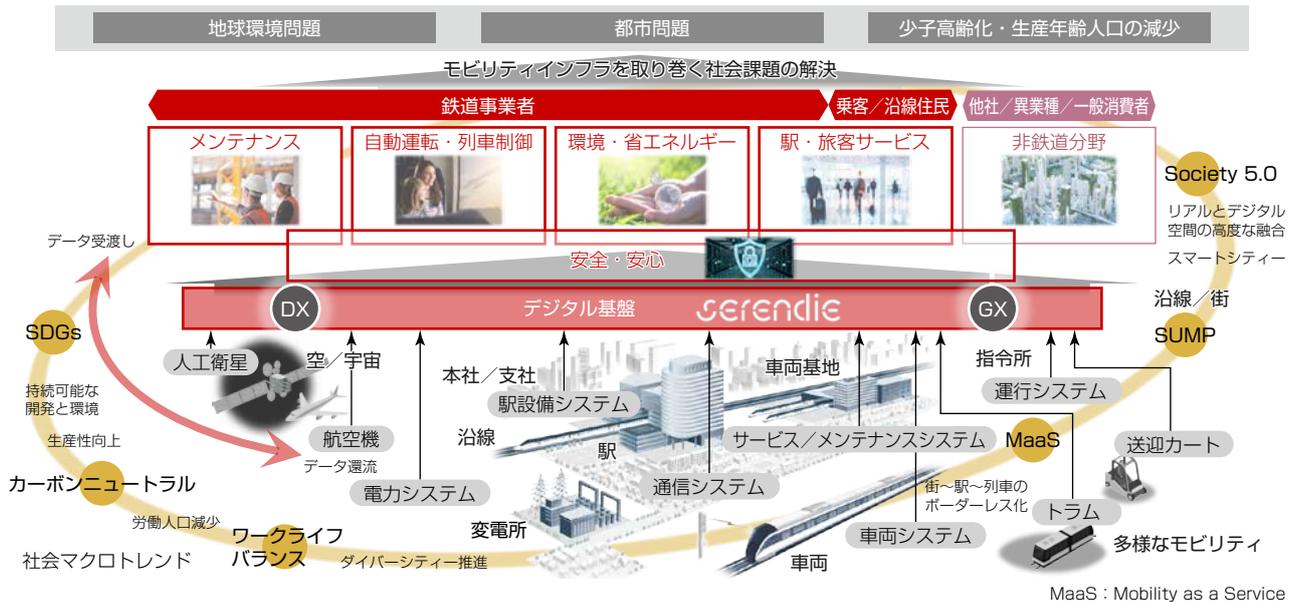


図1-モビリティインフラの社会課題と対応

2. 持続可能な社会の実現に向けたモビリティインフラの課題と期待

持続可能な社会の実現に当たり、モビリティインフラの分野では大きく三つの課題が挙げられる。一つ目は地球環境問題であり、カーボンニュートラルの実現に向けて、モビリティの電動化、機器の効率向上、再生エネルギーの有効利用などが推進されている。二つ目は都市問題であり、都市部の人口集中に伴って交通渋滞や交通事故、大気汚染が深刻化し、自動車依存からの脱却や地域活性化のために、新たな手法で都市の交通計画やモビリティの検討が進められている。三つ目は少子高齢化・生産年齢人口の減少であり、都市部では人手不足、地方では高齢化と過疎化によって、公共サービスの維持が難しくなる懸念もあり、保守・運転作業の省力化・自動化、効率化が喫緊の課題になっている。昨今、高齢ドライバーの自動車事故も問題になっており、高齢者や交通弱者が安全に利用できるモビリティインフラの実現が望まれる。

そこで、これら三つの大きな課題に対して、モビリティインフラの革新が解決策の一つになり得ると考える。

2.1 地球環境問題

地球環境問題に対して、鉄道は輸送効率が高く、環境負荷が少ないモビリティインフラとして期待されている。先進各国は2050年までにCO₂排出量実質ゼロの高い目標を掲げて、新たなエネルギー政策や産業政策を推進しており、自動車や航空機から鉄道輸送に移行するモーダルシフトや、鉄道の更なる省電力化と脱炭素化のため、非電化区間での燃料電池車両やバッテリーハイブリッド車両の導入などを進めている。欧州では、EU(欧州連合)の産業政策として鉄道産業の競争力強化を意図しており、欧州グリーンディール政策や、コロナ禍後の産業復興を掲げたグリーンリカバリー政策でも鉄道への投資が期待されている。国内では、2022年9月に国土交通省が“鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム”を設けて、鉄道事業者と連携してカーボンニュートラルの実現を推進している。

2.2 都市問題

都市問題に対しては、自動車依存からLRT(Light Rail Transit)などの公共交通の利便性を高めて利用を促進することで、都市部の交通渋滞や大気汚染の解消が期待される。都市の交通計画として、欧州ではSUMPが提唱されている⁽⁴⁾。公共交通の衰退が地域の衰退と自動車依存を高めて、結果として交通渋滞、交通事故、大気汚染などが増加して社会的費用が増大する懸念があり、持続可能なまちづくりのためのモビリティ政策が必要になっている。長期的な取組みであるが、オーストリアのウィーンでは、2010年代からスマートシティー戦略(Smart City Vienna Framework Strategy)の一環

として都市交通計画(Urban Mobility Plan)を策定し、公平な移動の権利(Fair)、健康維持(Healthy)、移動距離の短縮(Compact)、環境優位性(Eco-Friendly)、交通インフラの確保(Robust)、エネルギー効率(Efficient)の各項目について数値目標を設定して推進し、実績として公共交通の利用者が増加し成果を上げている⁽⁵⁾。EUでは欧州横断輸送ネットワーク(Trans-European Transport Network: TEN-T)の結節点になる431都市を対象に、2027年までにSUMPの計画作成が義務づけられており、今後の展開が期待される。国内でも、2023年8月に、宇都宮芳賀ライトレール線(愛称: ライトライン)が開業した。開業後の利用状況は好調で、当初想定を上回り、地域のモビリティインフラとして定着している⁽⁶⁾。また、MaaSの進展、駅設備などのバリアフリー化の推進や、デジタルサイネージ、チケットレスサービスなど最新のデジタル技術を活用して公共交通の利便性を高めて、利用促進を図る取組みも進められている。

2.3 少子高齢化・生産年齢人口の減少

少子高齢化・生産年齢人口の減少に対しては、モビリティの分野でもデータとデジタル技術を活用した稼働状況などの見える化、省人化・省力化、自動化や、AI活用によるデータ分析などが進められている。例えば、当社は鉄道LMS(Lifecycle Management Solution)として鉄道車両メンテナンスソリューションの事業展開を進めている。鉄道LMSでは、二次元コード等による機器識別と搭載位置の追跡、故障・修理履歴・鉄道車両稼働監視などの保守業務データによる機器の稼働状態・劣化状況の見える化、さらに機器改修作業や予防保全計画等の効率化に加えて、リスク評価も踏まえて機器更新計画を支援する鉄道車両向けアセットマネジメントの開発に取り組んでいる。また、自動・自律運転によってドライバーレス化を実現して、人手不足の解消と、快適かつ効率的な省エネルギー運転も可能になる。自動・自律運転の普及によって、高齢者や交通弱者が安全に移動可能になり、誰もが移動の自由を享受して行動範囲が広がることも期待でき、地域の活性化にも貢献できる。

このように、モビリティインフラの分野では、地球環境問題、都市問題、少子高齢化・生産年齢人口の減少などの社会課題を踏まえて、省力化・経営効率化のためのDXと、省エネルギー化・環境負荷低減のためのGXを活用して持続可能な社会の実現を目指した取組みが進められている。

3. モビリティインフラシステム事業の取組み

モビリティインフラシステム事業では、環境・省エネルギー、メンテナンス、自動運転・列車制御、安全・安心、駅・旅客サービスなどの各分野でDXやGXを推進して、社会課題の解決に取り組んでいる(図2)。当社は、鉄道システムを中心に顧客とともに長年にわたって培ってきたノウハウを生かして、デジタル基盤Serendieを活用した顧客との価値共創を通じてモビリティインフラ全体の持続的成長に向けて継続的に活動していく。

この章では、DX、GXを適用して持続可能な社会の実現を目指す、当社の取組みの体系と最近の事例を述べる。なお、詳細については各特集論文を参照されたい。

3.1 DX関連の取組み

(1) Serendieのデータ分析による鉄道EMS(Energy Management Solution)の展開

先に述べたデジタル基盤Serendieを活用して、鉄道事業でのエネルギーの最適利用や鉄道アセットの最適配置、運用に向けたデータ分析サービスを提供し、モビリティインフラのGXにも寄与しつつDX施策としての鉄道EMSを展開している。

モビリティインフラのカーボンニュートラル実現に向けて、太陽光発電等の再生可能エネルギーの活用や環境配慮型の車両機器導入などの施策が進められている。これを加速するためには、運行情報などの運用データを活用し、変電所や駅の鉄道アセットと列車運行を連携させてエネルギーを全体で最適化することが有効である。デジタル基盤Serendieによって車両、変電所、駅の電力使用量や列車運行状況等のデータを組み合わせることで、脱炭素化の最適な解決策や活用方法を提案できる。例えば、鉄道車両のブレーキ時の回生エネルギーの余剰電力を見える化したマッピングデータを基に、駅舎補助電源装置(S-EIV)の適切な配置や、駅の混雑度、運行ダイヤ、運行状況に応じた鉄道アセットの最適な運用方法を提案する。このように鉄道事業者の設備導入や列車の省エネルギー運用を継続的にサポートすることで、鉄道アセット連携と省エネルギー運転を融合してエネルギーの運用最適化を図る。さらに、収集したデータを分析・活用し、沿線地域の電力システムとの連携によって、沿線地域全体でのエネルギー供給の最適化を実現して脱炭素化に貢献する(本号の特集論文“Serendie”による鉄道EMSの展開と将来構想”参照)。

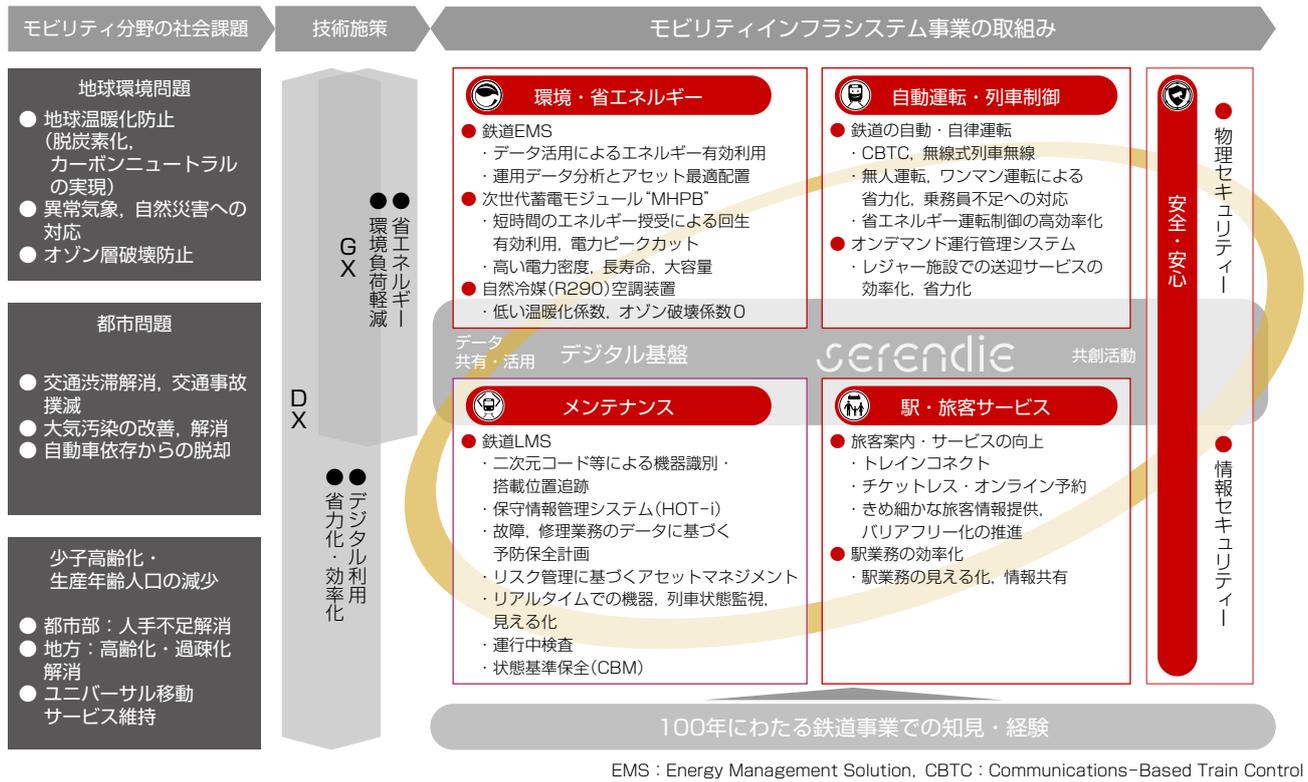


図2-持続可能な社会を実現するモビリティインフラシステム事業の取組み

(2) 自動運転モビリティのリゾート施設での利用

安全で誰でも利用しやすいモビリティインフラによって移動の自由を拡大する、自動・自律運転への取組みも推進している。当社は自動運転モビリティの展開を推進する民間施設・公共施設をターゲットに、自動運転モビリティの運行業務の効率化と安全性向上を実現するため、自動運転モビリティ管制システムを開発した。近年、コロナ禍後のインバウンドの回復や国内旅行需要の拡大を背景にリゾート施設の拡充、新規開設が増加しており、レストランと宿泊棟の間など広大な敷地内の移動に送迎サービスを提供する施設も増えている。リゾート施設では、この送迎サービスを手動運転カート等のモビリティで提供しているが、昨今の労働力不足とコロナ禍後の需要急増によって、運転手の確保と効率的な予約管理などが課題になっている。そこで、これら喫緊の課題を持つリゾート施設向けに当社の自動運転モビリティ管制システムを導入して課題解決を図っている。リゾート施設への適用に当たり、複数車両の同時運用による利用者の利便性向上と安全・安心を実現するため、施設内狭路で自動運転モビリティがすれ違うためのモビリティ調停機能を新たに開発した。

リゾート施設内の円滑な移動を実現するオンデマンド運行管制システムを整備し、送迎業務の省人化を実現して、人手不足が深刻なホテルや観光業界でのDXを推進するとともに、将来の自動運転モビリティの展開にも貢献できる(本号の特集論文“自動運転モビリティ管制技術のリゾート施設への適用”参照)。

(3) 旅客情報プラットフォーム“トレインコネクト”による利便性向上

旅行者などモビリティインフラ利用者の利便性向上による利用促進に当たり、列車と乗客をつないで新たな旅客サービスを実現する情報提供プラットフォームであるトレインコネクトを提供している。

近年、鉄道利用者向けに列車の運行状況や走行位置などの情報提供サービスや、新たなモビリティサービスとしてMaaSの展開などが進んでいる。さらに、運転状況の変化に応じた更にきめ細かい情報提供や、個々の利用者のニーズに合わせた案内や誘導のため、乗車している列車の詳細情報と連携した新たなサービスが考えられる。そこで当社は“列車統合管理システム”や“トレインビジョン”の技術を応用した情報提供プラットフォームであるトレインコネクトを新たに開発した。トレインコネクトは、ビーコン装置とソフトウェア開発キットで構成されて、車上の列車統合管理システムで管理される列車情報を乗客が所有するスマートデバイスに対して発信できる。

トレインコネクトによって、乗客のスマートデバイス上にトレインビジョンと同等の次駅案内や走行位置の情報提供が可能になる。また、列車の行き先や走行位置に応じて、個々の乗客の指向に合わせた沿線のイベント情報を提供するなど、新たな顧客接点を創出し、利用者ニーズに応じたきめ細かな新しい旅客サービスを提供して利便性向上に貢献する(本号の特集論文“鉄道情報提供プラットフォーム“トレインコネクト”と新たな旅客サービス創出の可能性”参照)。

3.2 GX関連の取組み

(1) 次世代蓄電モジュールMHPB(Mitsubishi High Power Battery)によるエネルギー有効利用

鉄道は輸送効率が高く、環境優位性の高いモビリティインフラであるが、最近のエネルギー価格の高騰やカーボンニュートラルを目指す意識の高まりを背景に、一層の省エネルギー化やCO₂削減が求められている。

当社では以前から、先進的なパワーエレクトロニクス技術を応用した省エネルギー化を推進しており、鉄道車両用にSiC(炭化ケイ素)適用の推進制御装置や全閉形主電動機、同期リラクタンスモーター駆動システム“SynTRACS”など、高効率な推進制御システムを開発、実用化してきた。さらに、車両の加速・減速に伴う負荷変動が大きい鉄道システムでは、電力需給の平準化や回生エネルギーの有効利用のために蓄電技術の活用が有効である。現在、大容量の蓄電デバイスとしてはリチウムイオン電池(Lithium-ion Battery: LiB)が主流であるが、当社はLiBよりも短時間のエネルギー吸収に優れた次世代蓄電モジュールであるMHPBを開発した。MHPBはLiBの大容量特性と、電気二重層キャパシターの長寿命で高い電力密度の特長をバランス良く実現している。MHPBは短時間のエネルギー授受が必要な回生エネルギーの有効活用に適しており、また、力行時の最大電力を抑制する電力ピークカットに適用して電力設備の軽減(アセットライト化)にも貢献できる。さらに、都市部で駅間距離の短いLRTに適用して、駅停車中の短時間充電によって架線レス化を図り、快適な都市景観を提供できるなど、モビリティインフラでも様々な可能性が期待できる(本号の特集論文“次世代蓄電モジュール“MHPB”でのバッテリー&エネルギーソリューション”参照)。

(2) 自然冷媒(R290プロパン)を適用した車両用空調装置の実用化

地球温暖化防止に向けて、温暖化係数が小さい自然冷媒の車両用空調装置(Heating, Ventilation and Air Conditioning: HVAC)への適用も新たな潮流である。欧州では、鉄道車両用HVACの熱交換に用いる冷媒を従来のR134aやR407Cなどの代替フロンHFC(Hydro Fluoro Carbon)から自然冷媒に転換する動きがある。HFCは塩素を含まず、オゾン破壊はないものの温暖化係数が高いため、段階的に使用制限が行われている。自然冷媒としてはR744(CO₂)を適用したHVACも開発されているが、冷却性能や機器の小型・軽量化に課題があり、鉄道車両用としてはR290(プロパン)の適用検討が進められている。R290は温暖化係数は小さいが可燃性(強燃性)のため、車載機器として車両火災防止の安全対策や法規制への対応が必要になる。そこで、当社は冷媒充填量の抑制、小型冷凍サイクルのマルチ搭載化、室内領域での冷媒配管のロウ付けレス化や漏洩(ろうえい)冷媒の排出対策などの安全対策を実施して実用化に成功した。当社は日系企業として初めて^(注2)、自然冷媒R290を採用したHVACを製品化し、Siemens Mobility社からドイツ(ミュンヘン)の近郊車両S-Bahn新型車両向けのHVACを受注した。温暖化係数の小さい自然冷媒の適用によって、地球温暖化防止に貢献する(本号の特集論文“自然冷媒(R290プロパン)を使用した欧州向け鉄道車両用空調装置”参照)。

(注2) 2024年9月19日現在、当社調べ

4. む す び

持続可能な社会の実現に向けて、デジタル空間を利用して省力化・効率化を図るDXや、技術革新によって省エネルギー・環境負荷軽減を目指すGXを活用して、モビリティインフラを変革する取組みについて述べた。都市内・都市間の人流・物流を担う輸送機関として、環境負荷が小さく、輸送効率が高く、安全で誰でも利用しやすい、新しいモビリティインフラへの期待は高い。欧州で広がりつつある、SUMPの先進的な取組みも参考になると考えられる。

当社は100年にわたって鉄道を中心としたモビリティインフラの分野で経験を積んできた。さらに、将来に向けたデジタル人材の育成や、新たな交流拠点として横浜に開設した“Serendie Street Yokohama”を活用した価値共創の取組みを通じて、モビリティインフラとデジタル技術を融合し、鉄道事業者、鉄道産業界、官公庁、大学、研究機関とも連携・協調して、持続可能な社会の実現に貢献していく。

参考文献

- (1) 福嶋秀樹：未来を創造する三菱交通システムの歩み，三菱電機技報，**94**，No.12，663～668（2020）
- (2) 根来秀人：社会課題の変容と交通ソリューションの将来像，三菱電機技報，**97**，No.9，2-01～2-05（2023）
- (3) 宇都宮浄人，ほか：持続可能な交通まちづくり—欧州の実践に学ぶ，筑摩書房（2024）
- (4) 一般財団法人 地域公共交通総合研究所：SUMP「持続可能な都市モビリティ計画の策定と実施のためのガイドライン」（2022）
<https://chikoken.org/information/sump/>
- (5) Urban Development Vienna, Vienna City Administration：STEP 2025 - Urban Mobility Plan Vienna（2014）
- (6) 矢野公久：宇都宮市のまちづくりと芳賀・宇都宮 LRT(ライトライン)，Urban・Advance，**82**，25～33（2024）

