

電気バスシステムによる 都市交通ソリューションの実用化に向けた取り組み

Electric Bus System for Practical Realization of Environmentally Conscious Urban Transportation Solutions

鈴木 勝宜 ■SUZUKI Katsuyoshi 野澤 幸輝 ■NOZAWA Yukiteru 三好 史泰 ■MIYOSHI Fumiyasu

地球温暖化防止のための国際的な取り組みが進むなか、東芝は環境調和型社会の実現に向け、都市内の公共交通を対象として、バッテリーを活用した都市交通ソリューションの開発に取り組んでいる。

その一環として、多頻度・超急速充電方式による電気バスシステムを開発し、実証実験でその有効性を確認した。また、2015年には比較的短距離の区間を走行する路線バス向けに急速充電による電気バスシステムを実用化した。コスト削減や収益拡大に貢献する電気バス向け情報システムの開発を進めるとともに、今後は、比較的容易に導入でき、段階を踏みながら効率的な交通システムへとスムーズに移行できる拡張性に対する検討を進め、将来の総合的な都市交通ソリューションの実現に貢献する。

In response to the worldwide movement toward the prevention of global warming in recent years, Toshiba has been engaged in the construction of urban transportation solutions incorporating the use of batteries for public transportation, aimed at realizing an environmentally conscious society.

As part of these efforts, we have developed an energy-saving electric bus system applying a frequent and superquick charging method, and confirmed the effectiveness of this approach through demonstration tests. In 2015, we put into practical use an electric bus system applying a quick charging method for route bus services within a relatively short distance. We are also developing an information system for the electric bus system to reduce costs and increase revenues in parallel. With the aim of offering comprehensive urban transportation solutions, we are moving forward with studies on future expandability to facilitate the introduction of and smooth transition to an efficient transportation system in stages.

1 まえがき

2015年11月から12月に、“国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）”がフランス パリで開催され、地球温暖化への対応は先進国、新興国を問わずその履行が強く求められることになった。

ここでは、こうした環境調和型社会の実現に向けて東芝が進めている都市交通ソリューションへの取り組みについて述べる。

2 東芝の環境調和型社会への取り組み

環境調和型社会の実現に向け、当社はスマートコミュニティ事業として、電気や、ビル、交通などの様々なソリューション事業を検討している。

交通ソリューションの構成を図1に示す。センシングやバッテリーなどのコアテクノロジーをベースとし、都市内の公共交通を対象とした都市交通ソリューション、高速道路ソリューション、及びエネルギーソリューションを情報テクノロジーで有機的に結び付け、交通やエネルギーの流れを考慮した、効率の良い交通システムを構築することを目指している。

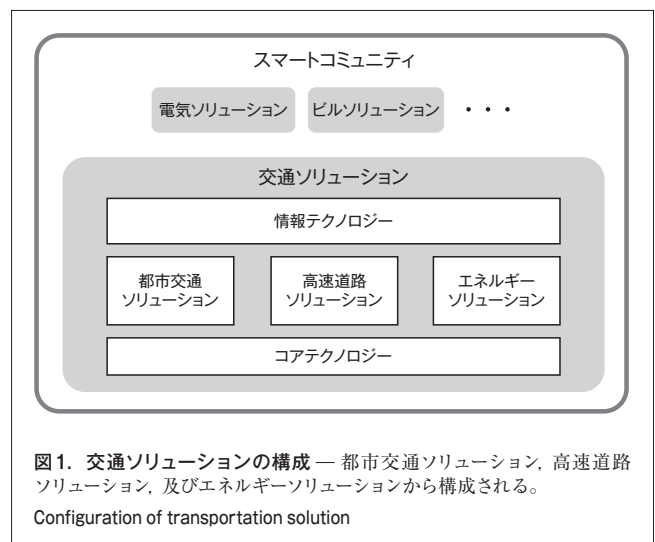
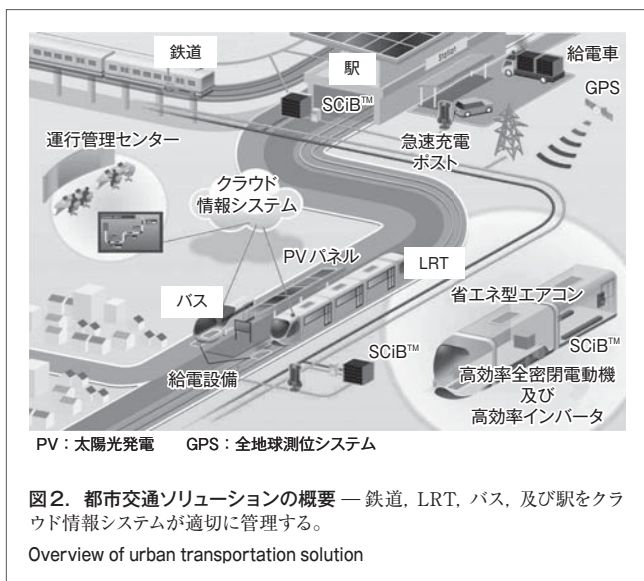


図1. 交通ソリューションの構成 — 都市交通ソリューション、高速道路ソリューション、及びエネルギーソリューションから構成される。
Configuration of transportation solution

3 都市交通ソリューション

都市交通ソリューションの目的は、交通渋滞解消や環境負荷軽減などによって、都市の環境改善や、安全性の向上、快適な移動、経済損失の削減などを実現し、住みよい街づくりを行うことである。このために当社が取り組んでいる都市交通ソリューションの概要を図2に示す。鉄道や、次世代型路面電車



システム (LRT: Light Rail Transit), バスなどの都市交通システムと、それらの結節点となる駅を備え、全体をクラウド情報システムで適切に運用する。

当社は環境調和型の都市交通システムとして特に、当社の高性能リチウムイオン二次電池 SCiB™ を搭載した電気バスや、バッテリー LRT システムなどに着目している。

4 電気バスシステム

わが国で電気バスの導入が始まったのは1930年代に遡るが、バッテリー容量が十分でなく1回の充電による航続距離が短いため、本格的な実用化にはなかなか至らなかった。

しかし、2010年代に入り、高エネルギー密度のリチウムイオン二次電池の実用化や国の導入支援政策などにより、電気バスの導入が広まってきた。

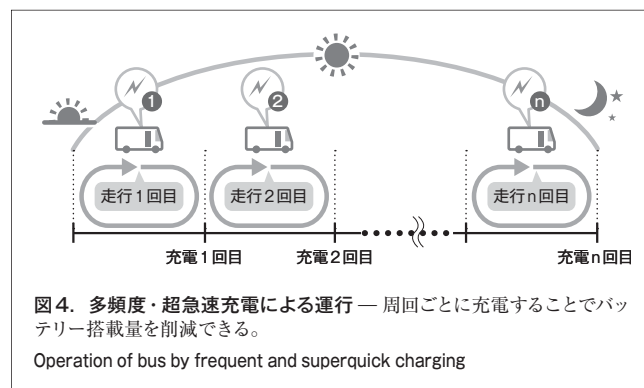
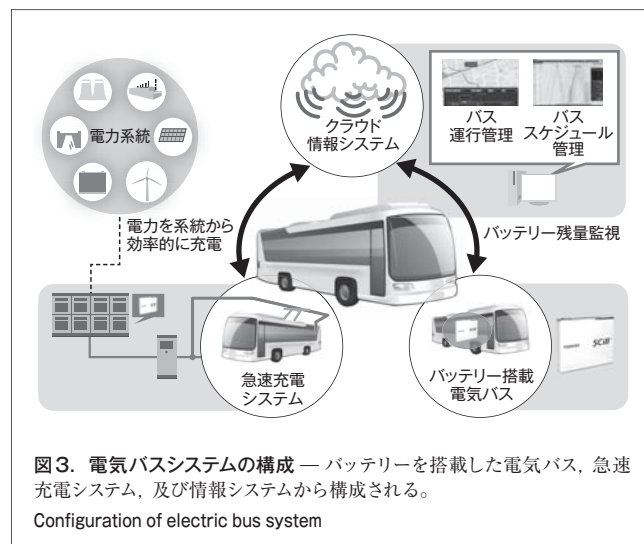
当社は、2012年から電気バスシステムの開発を始め、2015年4月に川崎鶴見臨港バス(株)の川崎病院線で運行する商用の電気バスシステムを実用化した。

電気バスシステムは、バッテリーを搭載した電気バス、急速充電システム、及び情報システムから構成される(図3)。

4.1 電気バス

電気バスは、バッテリー容量が大きいほど長距離の走行が可能だが、大量のバッテリー搭載は、バス質量の増加や、充電の長時間化、客室スペースの減少といった問題につながる。例えば、電気自動車用に設置されている急速充電システムを使うと、200 km 走行させるためには数時間の充電時間が必要である。

当社はこの問題を解決するために、決まったルートを走行し、ルート長がおよそ10～30 km程度で、かつ必ず元の場所に戻ってくるという路線バスの特徴に着目した。1回の運行で



数10 km 走り、戻ったときに充電すれば、搭載するバッテリー容量を少なくできる(図4)。

しかしこの方式では、充電時間が10分程度という制約を受けたり、充電回数が増えるのでバッテリーが早期に劣化し交換が必要になったりといった新たな問題が起こる。当社は、セル単位ではおよそ6分間で80%の容量まで充電が可能でかつ長寿命な、SCiB™を採用することで、これを解決した。

多頻度の超急速充電を行うことでバッテリー搭載量を削減し、軽量化による電費向上(省エネ化)や、低コスト化、客室スペースの確保などを実現した。

4.2 充電システム

4.2.1 システム概要 電気バスシステムのもう一つの構成要素である充電システムは、異なる充電システムや車両間での相互運用性や、安全性、操作性などへの考慮が必要である。そこで重要になるのが、充電システムと車両の間のインタフェースであり、これには物理的な充電方式と充電の手順を制御する充電プロトコルがある。

3種類の充電方式の比較を表1に示す。適用するシステムの規模や都市の環境条件などによって、適切な充電方式を選択する必要がある。

表1. 充電方式の比較

Comparison of three charging methods for electric bus system

項目	充電方式		
	プラグイン方式	パンタグラフ方式	ワイヤレス方式
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 充電設備が簡易 大電力充電が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 大電力充電が可能 人手を介さない高い安全性 	<ul style="list-style-type: none"> 充電作業が簡便
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 人手を介する充電作業 	<ul style="list-style-type: none"> 車両の位置合わせが必要 充電設備が大がかり 	<ul style="list-style-type: none"> 大電力充電が困難 車両の正確な位置合わせが必要 漏えい電磁波の対策が必要

一方、充電プロトコルは、車両側及び充電システムの電気的な情報を基に、安全かつ適切な充電をするために必要な情報を通信する方式である。現在、わが国が提案した、車両への急速充電が可能なCHAdeMO方式と、欧米が提案したCOMBO方式が、主な国際標準として規格化されている。

急速充電するためには高出力で高電圧の電力を扱う必要があることから、CHAdeMOでは設備の漏電などを考慮した安全設計や信頼性の高いCAN (Controller Area Network) 通信を適用している。

4.2.2 超急速充電システム 電気バスに10分程度で充電を行うためには、CHAdeMO方式の急速充電を超える超急速充電システムが必要となる。当社は、CHAdeMOプロトコルに基づきながら、CHAdeMO方式の急速充電器に対し3倍以上の大電力(160 kW)で充電できる超急速充電システムを開発した。

当社の電気バスシステムの多頻度・超急速充電という特徴の効果を検証するために、2012～2014年度の3年間、環境省から「平成24年度地球温暖化対策技術開発・実証研究事業」の研究委託を受け、東京都港区の路線バスの一部を電気バス化し、実証実験を行った。

実証実験の目的は、主として(1)短時間充電かつ多頻度運行の可能性、及び(2)既存バスの電化による二酸化炭素(CO₂)排出量の削減効果、を検証することである。

実証実験では、港区“ちいばす”の芝ルート(田町駅～新橋駅間)+車庫往復の1周約17 kmを1日6周し、2013～2014年度の2年間で約200日、一般の乗客を乗せた商用運行で延べ1,074周(18,455 km)の走行を実施した。

充電時間の計測結果は、充電のための作業時間と実充電時間を合わせて平均7分48秒であり、バス運行の周回ごとにある10分間の停車時間内に充電が完了するので、バスの運行に影響を与えないことがわかった。一方、CO₂排出量については、電気バス単体の走行だけを対象とした場合、およそ50%削減できた。

これらから、実証実験の目的の(1)と(2)が共に確認できた。

4.2.3 ワイヤレス方式充電 当社の電気バスシステムのコンセプトである多頻度充電には、安全で手間の掛からない

ワイヤレス充電の要望も多い。しかし、現在一部で実用化されている電磁誘導方式は、伝送距離や許容位置精度が数cmであることから電気バスへの応用は困難である。

これに対し当社は、環境省の「平成26年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の一環として、「EVバス早期普及に向けた充電設備を乗用車と共有するワイヤレス充電バスの実証研究」をテーマに、学校法人 早稲田大学と共同で、電気バス向けの磁界共鳴型ワイヤレス充電システムの実証を進めている。2014年度には、30 kW以上の受電電力で、電磁誘導方式に比べ2～3倍の伝送距離と停車位置ずれを許容できるシステムを開発した⁽¹⁾。2015年度からは、実際の電気バスに搭載した公道走行での実証を進めている。

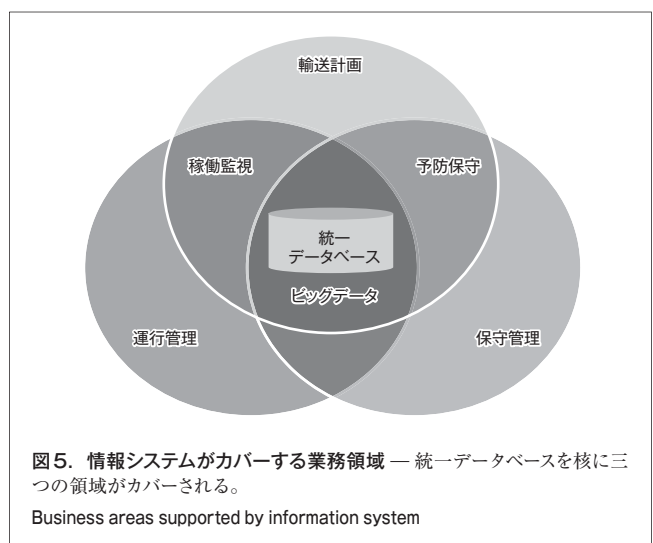
4.3 情報システム

当社が情報システムによって提供する付加価値としては、輸送計画業務の効率化、遠隔監視による稼働率向上、省エネ、及び保守業務の効率化といったコスト削減や、乗客満足度の向上による運賃収入増加や運行に伴って収集される情報の素材化といった収益拡大などを想定している。

これらの付加価値では、情報システム単体だけでなく、情報システムによって実現されるサービスが新たに製品の強みに転化されるようなものについても考える。例えばSCiB™では、長寿命性を充分発揮させるために電池の監視機能を情報システムに持たせると同時に、電池の健全性を可視化する外部機能⁽²⁾によって、電池のリユースに役だつ付加価値を提供する。

情報システムの提供方法は、ハードウェア初期導入コスト、ソフトウェアの機能強化対応コストの削減、及び事業継続計画対策の実現の容易化といったメリットがあるSaaS (Software as a Service) としての提供を優先的に考えるが、オンプレミス(自社設置型)環境としての提供も可能である。

このような付加価値を提供するために、当社の情報システムは図5に示すような三つの領域をカバーする。輸送計画は、



当社及び東芝ソリューション(株)が既に提供している、鉄道事業向けのSaaSであるTrueLine⁽³⁾を電気バスシステムに適用する。運行管理及び保守管理には、IoT (Internet of Things) やビッグデータ分析技術を積極的に活用する。

更に今後は、予防保守や、省エネ支援、自動制御なども視野に入れて強化を図っていく。

5 都市交通ソリューションの将来像

現在の電気バスシステムについて述べてきたが、図2に示したような都市交通ソリューションを実現するために、考慮すべきことについて述べる。

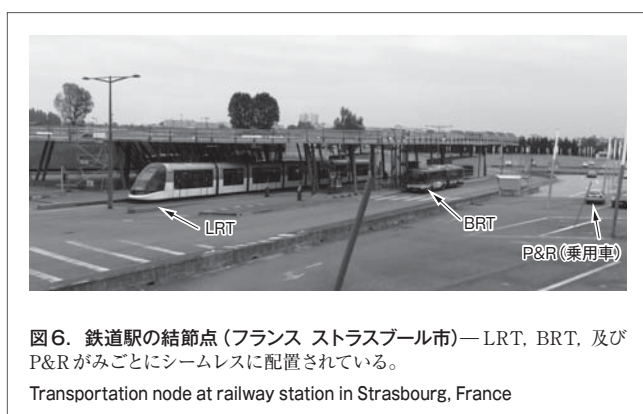
5.1 拡張性

将来の輸送需要の増加に対して、容易に拡張できるように考慮する必要がある。例えば、最初は路線バスに電気バスを導入し、需要増に伴い道路上の専用レーンを走行するBRT (Bus Rapid Transit) として電気バスを運行させ、更なる需要増に対しては、専用BRTレーンにレールを敷設して架線レスLRTを運行させるというものである。LRTをバッテリー駆動による架線レスにすることで、このような道路上での容易な拡張性が得られる。

5.2 マルチモーダルとインターモーダル

効率的な都市交通を実現するためには、5.1節で述べたように拡張性を確保したうえで、路線バスや、LRT、乗用車など、輸送需要に適した交通システムを利用するマルチモーダルが必要である。

更に、異なる交通手段の結節点で乗換えを容易にすることで、シームレスなインターモーダルが実現できる。例えば、乗用車から公共交通への乗換えにはパークアンドライド (P&R) システムが必要であり、また公共交通機関どうしの乗換えにはその結節点での時間・空間的な利便性の確保が重要である。フランスでのシームレスな結節点の例を図6に示す。



6 あとがき

当社は、環境調和型の都市交通ソリューション実現の一環として、まず電気バスシステムの実用化を行った。

住みよい街づくりを実現するには、交通管制システムやP&Rなど周辺システムとの連携やエネルギー管理も視野に入れた総合的な都市交通ソリューションが必要である。

それらを念頭に、都市交通ソリューションの実用化を目指し、引き続き開発を進めていく。

文献

- (1) Obayashi, S. et al. "85 kHz wireless power transfer system for rapid charging of electric bus". Proceedings of the International Symposium on Speed-up and Sustainable Technology for Railway and Maglev Systems 2015 (STECH'15). Chiba, 2015-11, JSME. 2015, 3D13.
- (2) 森田朋和 他. 内部状態の推定により電池の健全性を可視化する充電曲線解析法. 東芝レビュー. 68, 10, 2013, p.54 - 57.
- (3) 鈴木辰徳 他. クラウド型輸送計画作成システム. 東芝レビュー. 68, 4, 2013, p.11 - 14.



鈴木 勝宜 SUZUKI Katsuyoshi

インフラシステムソリューション社 鉄道システム事業部。
都市交通ソリューションの開発に従事。
Railway Systems Div.



野澤 幸輝 NOZAWA Yukiteru

インフラシステムソリューション社 鉄道システム事業部 交通ソリューション部参事。都市交通ソリューションにおけるIoT 応用システムのエンジニアリング業務に従事。
Railway Systems Div.



三好 史泰 MIYOSHI Fumiyasu

インフラシステムソリューション社 鉄道システム事業部 交通ソリューション部。都市交通ソリューションにおける充電システムのエンジニアリング業務に従事。電子情報通信学会会員。
Railway Systems Div.