

⑫ 人と環境に優しい都市バスシステム実現のために

— 先進電動バスシステムの大都市近郊への適合性調査 —

交通システム研究領域	※林田 守正	水間 毅	大野 寛之	佐藤 安弘	工藤 希
環境研究領域	成澤 和幸				
自動車安全研究領域	波多野 忠				
早稲田大学	紙屋 雄史				

1. はじめに

路線バスは一人当たりの占有空間や環境負荷、エネルギー消費等の点で乗用車よりも格段に優れ、また、きめ細かな輸送が行える。そこで特に都市部においては鉄軌道と併せてバスの利用促進を図り、道路混雑、環境問題、少子高齢化等の課題に対処することが必要と考えられる。また大都市周辺の近郊都市にも周辺部には路線バス等の利用が困難な交通不便地域が残され、その対策として近年自治体等の主導によりコミュニティバスが運行されているが、従来のバス車両は特に住宅地等で騒音、排気ガス、プライバシー等が問題となり路線が開設できず、移動を乗用車に頼るケースも多い。本報告では、平成 16～17 年度に NEDO 補助事業として早稲田大学等と共同で研究開発した「先進電動マイクロバス交通システム」の近郊都市への適合性調査を、新たに平成 18 年度 NEDO 補助事業 (FS) として実施した結果を報告する。

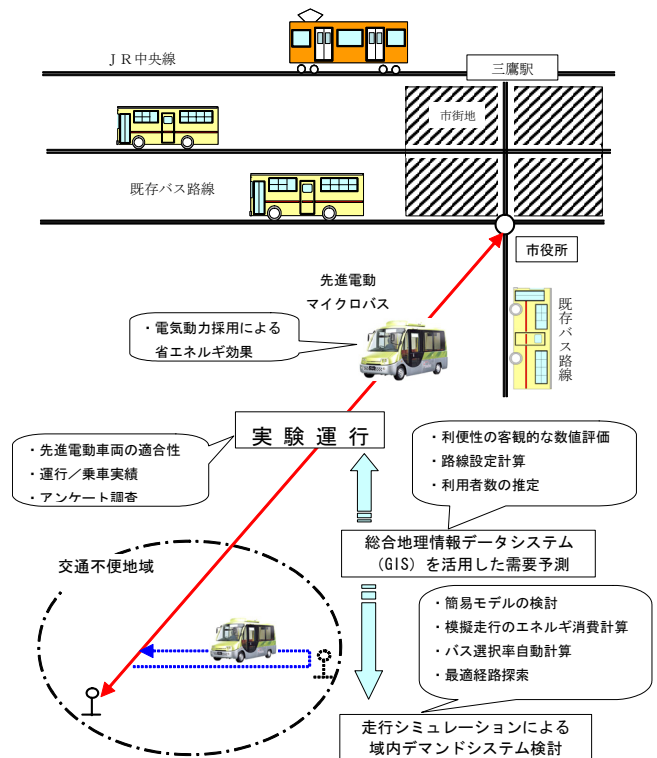


図2 適合性調査の概念

2. 実施体制と手法

本調査は、近郊都市の例として東京都三鷹市をモデルとし、図1に示すように同市、昭和飛行機工業(株)、早稲田大学との連名で実施した。先のモデル事業で開発した電動バス車両を市街地から市域周辺部への経路上で実験運行し、一般市民対象の試乗、アンケート調査や電力計測等を行って、社会的受容性や省エネルギー効果を評価した。一方、比較的輸送需要が少ない周辺部における運行システムの最適化を考察するため、利用希望に柔軟に対処できる局所的デマンド運行等を検討し試算を行った。これらの概念を図2に示す。

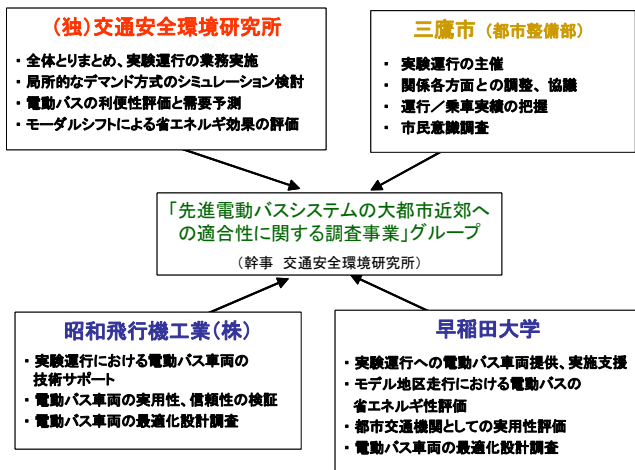


図1 調査の実施体制

3. 先進電動バスの実験運行

3. 1. 車両と運行経路

3. 1. 1. バス車両

実験運行で使用した電動バス車両の概要を図3に示す。前述のモデル事業で試作した車両で、高効率で変速ショックが無いモータシステム、高エネルギー密度のメインバッテリーと高出力のサブバッテリーで構成される電源システム、乗降の容易な超低床車体等を備えた、静粛、クリーンで先進的な電動バスである⁽¹⁾。

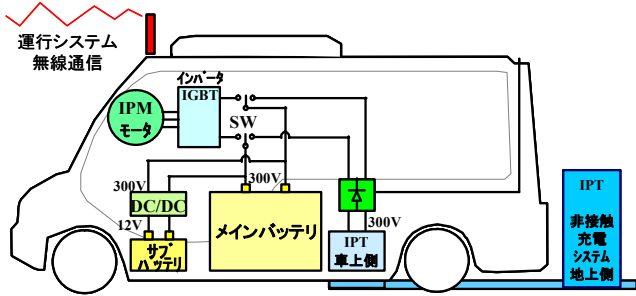


図3 実験運行に使用した先進電動バス車両

3. 1. 2. 運行経路

実験運行経路は図4に示すような、市街地南端の総合病院を起終点とし、南西部の周辺地域を8の字型に循環する経路である。これは地域内で完結し、鉄道駅等へのアクセスは既存の幹線バスへの乗り継ぎを前提とするコミュニティ路線を想定したものである。停留所は26箇所（うち3箇所は重複して経由）を設定し、1周の走行距離は約5.8kmである。この車両、経路により実験運行を計3回（各5日間ずつ）実施した。

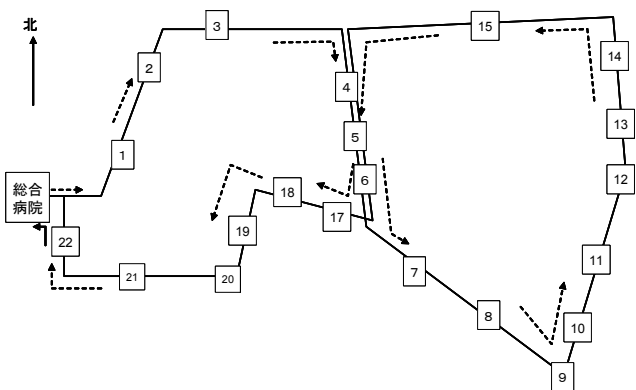


図4 モデル地区の実験運行経路（1周5.8km）

3. 2. 第1回実験運行（電力消費等の計測）

試乗運行に先立ち、車両の電力データを得るために多様な設定条件下で先行的な実験運行を実施した。各種運行条件下で、エンジン自動車の「燃費」に相当する「電費」（車上消費電力量1kWh当たりの走行距離）

を計測した結果を図5に示す。

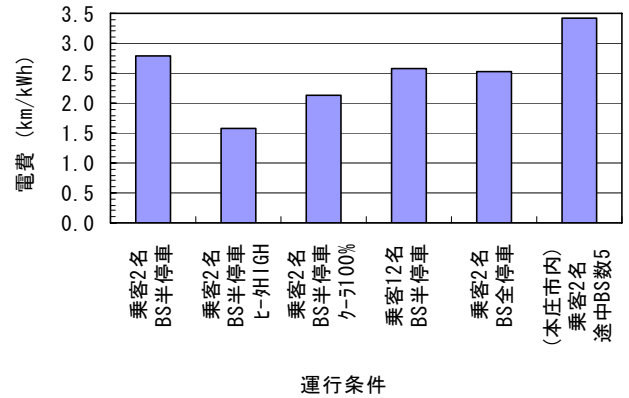


図5 各種運行条件下での電動バスの電費

仮に「バス停の半数に停車、乗客2名、冷暖房等不使用」を基準条件とすると、1充電の航続距離は50km程度となる。ヒータを使用した場合、クーラを使用した場合、乗客12名の場合、全バス停に停車した場合の電費はそれぞれ43%、24%、7%、9%低下する。特にヒータは消費電力が大きい（4.2kW）ため冬場は航続距離は半分近くとなる。なお上記基準条件下の電費を同一車両の地方都市内走行時と比較すると⁽¹⁾、地方都市の方が23%良い値を示している。これは近郊都市である本モデル地区では発進・停止の頻度が非常に高いため電費が低下したと考えられ、このような航続距離の制約に対しては、運行の合間に短時間で充電が可能な非接触急速充電装置の開発、採用が望まれる。



図6 総合病院前のバス停で待機中の電動バス

3. 3. 第2回/第3回実験運行（試乗）

試乗実験運行における運転業務は、大型二種免許を所持し旅客運送事業者に所属する運転士が担当した。

第2回目の実験運行の試乗者は、視察、見学、報道

関係者とした。これらの試乗者数は約70名であった。第3回目の実験運行の試乗者は、一般市民を対象として三鷹市等が募集し、事前登録制とした。この市民試乗者数は約60名であった。これらの試乗者は一部を除いて起終点で乗降し図4の経路を1周乗車したが、運行上は途中乗降が無くてもバス停の半数に停車し扉を開閉した。その実験運行状況を図6に示す。

4. バス利用者／試乗者アンケート調査

4. 1. アンケートの目的と方法

アンケート調査は、路線バスならびに先進電動バスに対する利用者の意識を把握することを目的とし、一般のバス利用者向け、および電動バス実験運行の市民試乗者（以下「試乗者」という）向けの二部構成により実施した。設問は、路線バスに対する要望や先進電動バスシステムの導入に関する意見等で、主に順位付の多岐選択とした。

4. 2. アンケート結果

図7に、バスに乗車した際に気になる点の一般利用者の回答を示す。気になる点として1位に挙げられた最多の項目は着席の可否であり、また合計でみた最多の項目は「走行中の揺れ」が最多、続いて「発進加速時の変速ショック」、「着席の可否」の順であった。

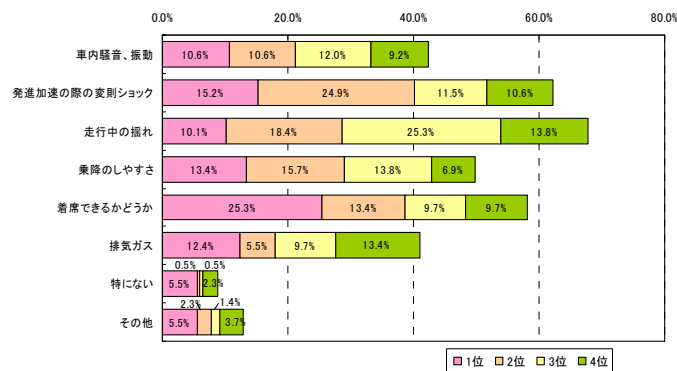


図7 路線バスに乗車した際に気になる点（一般）

一方、小型バスが、狭隘な住宅地内に乗入れて運行することに対する主な意見を図8に示す。バス停への歩行距離短縮や住宅地内のマイカー走行減少を理由とする賛成意見が4割弱であった。その反面、騒音・排気ガス、交通事故、車窓からの覗きへの懸念からの反対意見が5割強と、賛成意見を上回っている。

試乗者が従来のエンジンバスと比べて良いと感じた点を図9に示す。「排気ガスが無い」「車内が静か」が多く、「発進加速時のスムーズさ」も評価された。

先進電動バスシステムの導入についての試乗者の意見を図10に示す。「ぜひ」と「できれば」を合わせると8割以上が導入に賛成の意見であった。従来型バスの住宅地乗入れに否定的な試乗者（51名中29名）の、無公害で超低床の先進電動バスの乗入れに対する意見を図11に示す。肯定的な意見が7割以上であったが、なお否定的な意見も1割程度見られた。

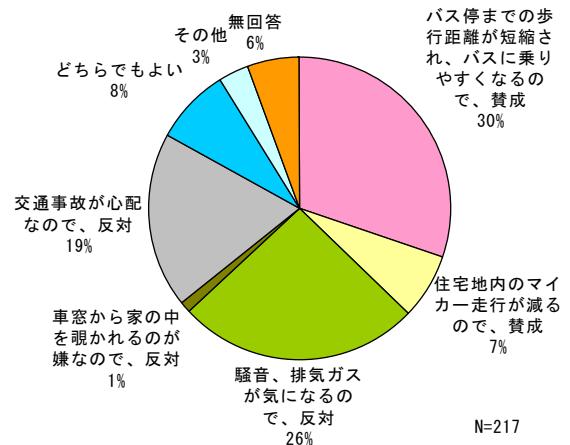


図8 小型バスの住宅地乗入れ運行について（一般）

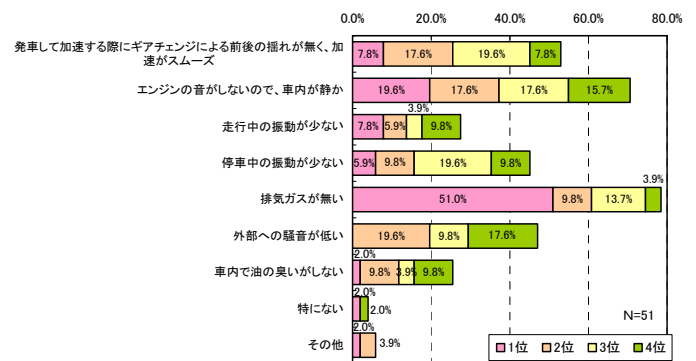


図9 電動バスが従来のバスと比べて良い点（試乗者）

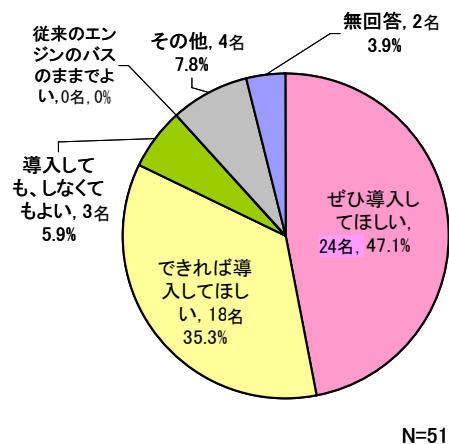


図10 先進電動バスの導入について（試乗者）

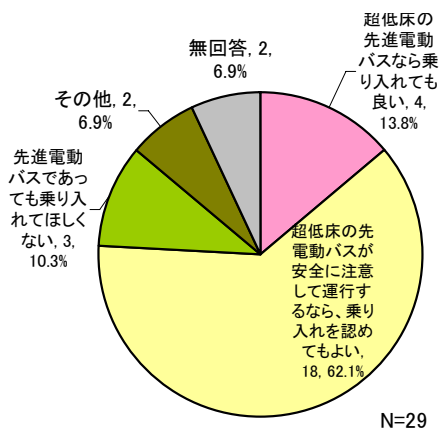


図 11 先進電動バスの住宅地乗入について (試乗者)

住宅地内の局所的なデマンド運行についての市民試乗者の意見を図 12 に示す。「歩行距離短縮」「路線維持」の点からの賛成意見が 5 割弱であったが、発着時刻・所要時間の不安定化等の否定的な意見が 3 割強であり、呼び出しの面倒さを懸念する意見もあった。

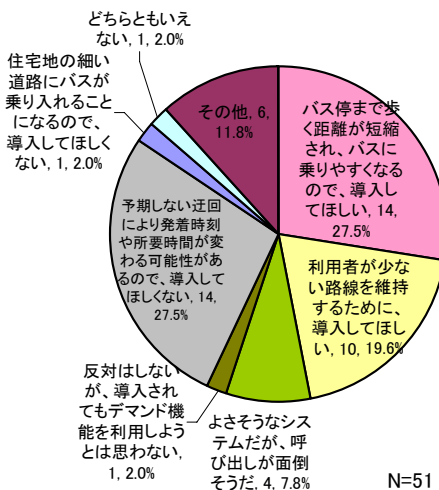


図 12 住宅地内のデマンド運行について (試乗者)

5. 運行システムの最適化検討

既存の交通流シミュレータに、パーソントリップ機能等を整備して、局所的なデマンド運行を検討した。一例として図 4 のバス停 No. 11 の付近に、図 13 に示すように乗降希望に応じて経由するデマンドバス停 1~3 を設定し、付近の利用客は赤丸印位置から発生すると仮定して自宅→総合病院のトリップを再現した。そのトリップの時間-移動距離の試算結果を図 14 に例示するが、バス利用者の総トリップ時間が、渋滞に巻き込まれた乗用車利用者よりも短くなるケースも見出された。さらに図 15 に示すようなバス選択率の評価や GIS 活用の需要予測についてもツールを整備し試算をした結果、費用換算係数によってはデマンド地

区内のバス選択率が 8 割に達する結果例を得た。

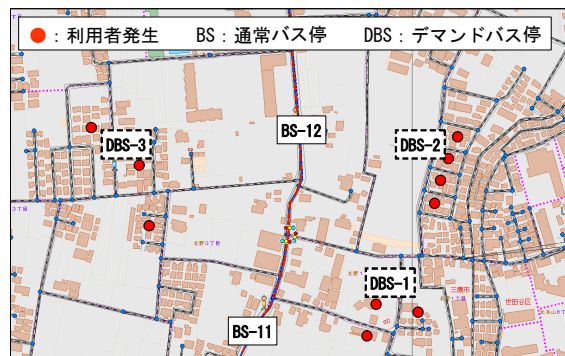


図 13 住宅地の利用者発生とデマンドバス停の設定

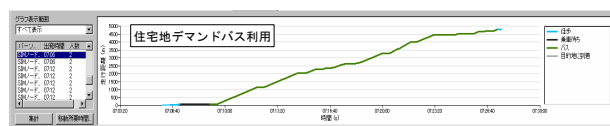


図 14 トリップのグラフ例 (デマンドバス停 2→病院)

$$P_{バス} = \frac{\exp(U_{バス})}{\exp(U_{バス}) + \exp(U_{自動車})}$$

$$P_{自動車} = 1 - P_{バス}$$

$$U_{バス} = a \text{ 所要時間}_{バス} + b \text{ 費用}_{バス} + E$$

$$U_{自動車} = a \text{ 所要時間}_{自動車} + b \text{ 費用}_{自動車} + E$$

図 15 バス選択率の評価

7. まとめ

- (1) 電動バスの一般市民試乗・アンケート調査により、無公害、スムーズ等の固有の長所が高く評価された。
- (2) 実走行時の電力計測により航続性能を評価し、急速充電装置の開発・採用の必要性を明らかにした。
- (3) 住宅地の局所的なデマンド運行に関しては、アンケート結果の賛否は分かれた。

8. 今後に向けて

- (1) 本調査実施団体の他、他自治体、バス事業者、車両メーカー等の関係者を交えた自主研究会を組織し、引き続き実用化に向けた検討を行っている。
- (2) 運行最適化や需要予測に関する考察を継続する。

(謝辞)

本調査を全面的に御支援下さいました NEDO 技術開発機構殿に深謝致します。また実施団体の三鷹市殿、昭和飛行機工業殿、早稲田大学殿、並びに多大な御協力を賜りました関係各方面に厚く御礼申し上げます。

(参考文献)

- (1) 紙屋、他、2006 年自動車技術会春季学術講演会前刷集 No. 32-06、P. 7-12