特　集　論　文

自動ステアリング・バッテリ駆動新交通システムの開発

Development of Automatic Steering & Battery Powered Automated People Mover

小川　浩[*1] Hiroshi Ogawa
星　光明[*2] Mitsuaki Hoshi
山口正博[*3] Masahiro Yamaguchi
河野浩幸[*4] Hiroyuki Kono
森田克明[*4] Katsuaki Morita
三竹雅也[*4] Masaya Mitake

環境問題が大きくクローズアップされる中，環境にやさしいことで着目されている軌道系交通システムにおいて，アクチュエータによる自動ステアリング方式とすれば，軌道に敷設される案内ガイドを簡素化できる．また，車両にバッテリを搭載することで，電力を供給する架線が不要となり，コンパクトな軌道を構成でき，建設コストも削減できる．さらに，車両の運動エネルギーを高効率でバッテリに回生し再利用できる．このような，社会のニーズにマッチした陸上交通を目指し，自動ステアリング・バッテリ駆動APMを開発した．

1. はじめに

世界各地で新しい交通システムの導入が進んでいる．当社でもゴムタイヤ式の新交通システムであるAPM（Automated People Mover）や鉄輪式のLRT（Light Rail Transit），モノレール，スカイレールなど，安全で快適な陸上輸送システムを開発・提供している．また，地球規模での環境問題がますます大きく取り上げられる中，人と環境にやさしいコンパクトな省エネ型新交通システムへの期待が高まっている．このような背景のもと，お客様のニーズにマッチする新しいコンセプトを取り入れた自動ステアリング・バッテリ駆動APMを開発した．自動ステアリングシステムではアクチュエータによる操舵方式を採用することにより，軌道に敷設される案内ガイドを簡素化できる．また，バッテリシステムでは車両にバッテリを搭載することにより，電力を供給する電車線が不要となり，コンパクトな軌道を構成できる．さらに，建設コストの削減と建設工期の短縮も可能となる．また，省エネに関して，車両のブレーキ時の車両の運動エネルギーを高効率でバッテリに回生・再利用できる利点もある．本報では，新システムのコンセプトおよび試験車両による実用レベルの走行性能の結果について，その概要を報告する．

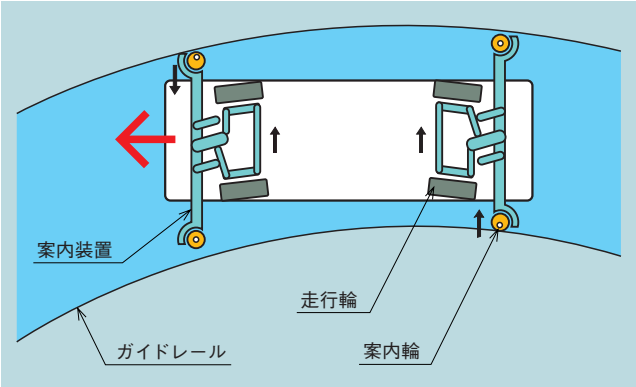


図1　側方案内方式

2. 従来システム

2. 1　案内システム

APMにはゴムタイヤ式新交通システムの典型的な案内システムとして，図1に示す側方案内方式が採用されている．4輪操舵式の走行輪と両側に案内輪を備えた案内装置が車両の前後の車端側に設けられ，走行輪と案内装置はリンク機構で機械的に結ばれている．車両が走行することにより軌道の両側に敷設されたガイドレールに案内輪が接触し，その反力による動きで走行輪を操舵して車両をガイドレールに添って案内誘導する．

また，車両の前後走行輪が同じ軌跡をたどる必要があることから前輪と後輪では逆位相に操舵させるため，案内誘導装置と車軸のステアリングアームの間には前後進切換装置も装備されている．

[*1] プラント・交通システム事業センター交通システム・機械技術部次長
[*2] プラント・交通システム事業センター交通システム・機械技術部車両・機械設計課長
[*3] 技術本部広島研究所次長
[*4] 技術本部広島研究所メカトロニクス研究室

2. 2　給電システム

給電システムとしては，軌道側の設備として軌道に沿って電車線が敷設されており，車両側に設けたパンタグラフを常時この電車線に接触させて車両は地上から電気を受電している．

以上，従来のシステムではガイドレールと電車線が軌道の両側に，全線を通じて敷設される．このため，軌道断面が大きくなるとともにガイドレールや電車線の敷設に長期間の工期を要していた．

3. 自動ステアリング・バッテリ駆動 APM コンセプト

従来の APM と新システムを比較した概略図を図２に示す．新システムではガイドレールと電車線が不要になるため，従来システムと比べて軌道幅を小さくできるとともに，構造がシンプルになる．

3. 1　自動ステアリングシステム

自動ステアリングシステムは軌道情報，運行情報，車両情報，地点情報により，走行する軌道の走行パターンを作成し，そのパターンにより車両を軌道に沿って操舵制御するシステムであり，操舵方式はアクチュエータによるアクティブ制御の４輪操舵方式である．前輪と後輪は，軌道の同じ軌跡を通るように各車両を操舵制御しており，単車両だけでなく複数車両を連結した編成車両にも適用できるシステムとなっている．

自動ステアリングシステムの装置構成は自動ステアリング制御装置とアクチュエータ及びアクチュエータの動きを走行輪に伝えるロッド類のみとなり，案内誘導装置や前後進切換装置等の機構は不要となる．これにより台車の軽量化につながる．また，車軸や走行輪を含む懸架機構は従来の APM で実績のある技術をそのままいかしている．

この他，制御のバックアップとして図３に示すような保護輪機構も備えている．保護輪機構は，軌道側の保護輪ガイドと車両側の保護輪装置から成り，ガイド幅は保護輪と一定の隙間を持った幅としている．

そのため，正常状態では保護輪はガイドと接触しないように走行輪の操舵と連動して動く．万が一，制御がフェイルした場合には保護輪によって車両をガイドに添って案内誘導するフェイルセーフシステムとなっている．

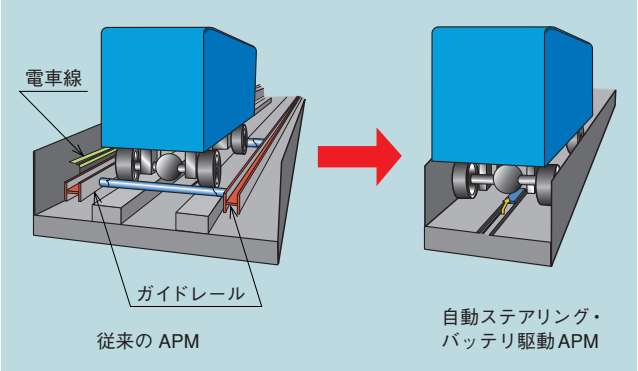


図２　概略図（従来の APM と自動ステアリング・バッテリ駆動 APM）

3. 2　バッテリシステムのコンセプト

バッテリシステムは従来の電車線からの給電をなくし，車両にバッテリを搭載して駆動させるシステムである．ブレーキ時には車両の運動エネルギーを効率よくバッテリに回収，再利用できる．APM では車載スペースや重量の制約があるため，高性能なバッテリが要求される．バッテリは最低でも１駅間の走行に必要なエネルギー容量が必要で，駅停車中に走行で消費したエネルギーを急速に充電する必要がある．これらの要求を満たすために，APM が必要とする高加速・高速運行が可能な高性能・高出力のリチウムイオン２次電池を採用した．

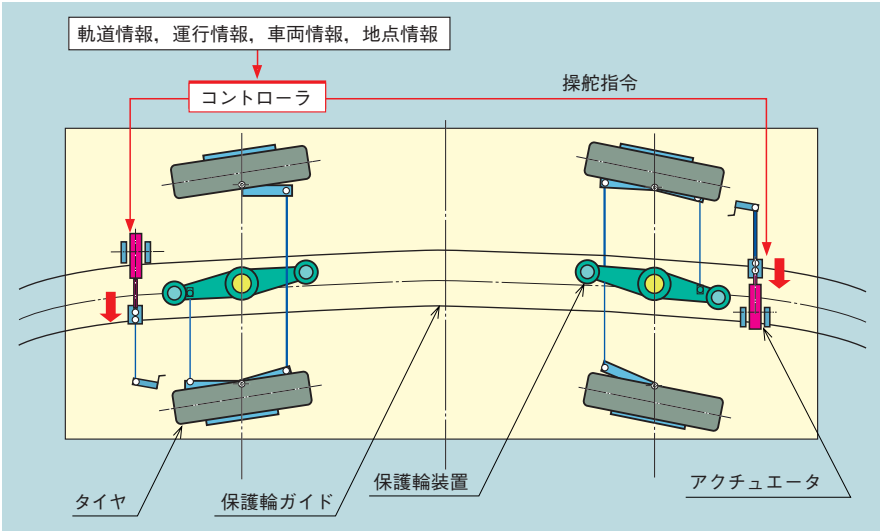


図３　自動ステアリングシステム構成図

4. 試 験 用 車 両

試験用車両（タイトル写真）はこれまでに述べた自動ステアリング・バッテリシステムのコンセプトを当社保有の実験用車両に搭載したものである．図４は当社プラント・交通システム事業センター（三原）の実験線での試験風景である．

4. 1　自動ステアリングシステム

車両には自動ステアリングシステムに必要なアクチュエータ，コントローラ及びフェイルセーフシステムが備えられ，軌道には保護輪ガイドが備えられている．フェイルセーフシステムはバックアップ機構であり，正常状態では保護輪とガイドが接触しないように，走行輪操舵と連動する機構としている．

4. 2　バッテリスシステム

バッテリシステムの構成を図５に示す．リチウムイオン２次電池を車両の床下に搭載し，車両主回路に接続した．バッテリは雨天や直射日光など床下搭載環境に対応するため，防水性に配慮した構造とした．また，温度上昇の対策として，ファンによる冷却機構を設けた．車載スペースの制限上，バッテリを床下にコンパクトに搭載できるよう艤装設計に配慮した．また，バッテリの過充電・過放電を防止するため，電圧はバッテリの充電状態を一定範囲に保つよう，電流はバッテリの許容電流を超えないように調整して運用するシステムとなっている．

5. 試　験　結　果

走行試験は直線と曲線を組み合わせた前記の実験線で実施し，実用速度での全線自動ステアリング・バッテリ走行を達成した．全ての試験はバッテリを電力供給源とした走行で行われ，一度の不具合も発生しなかった．

次に試験走行の一例を示す．図６は直線高速走行中の保護輪を撮影した映像である．図７は小曲線走行中の先頭の保護輪の挙動である（図８は小曲線走行中の車内からの風景）．曲線部でも軌道の線形にそって操舵され，保護輪は保護輪ガイドと接触せずに走行することを確認した．

図４　試験風景

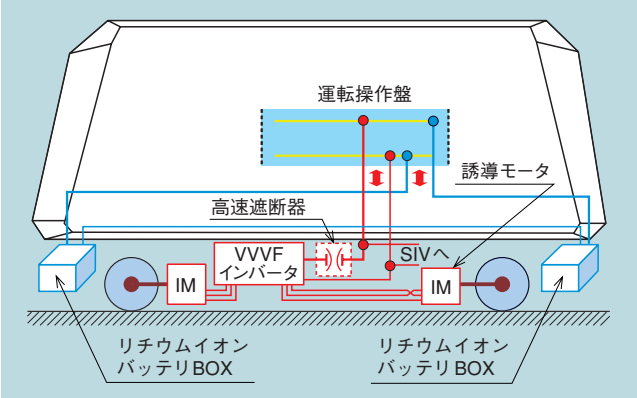


図５　バッテリシステム構成図

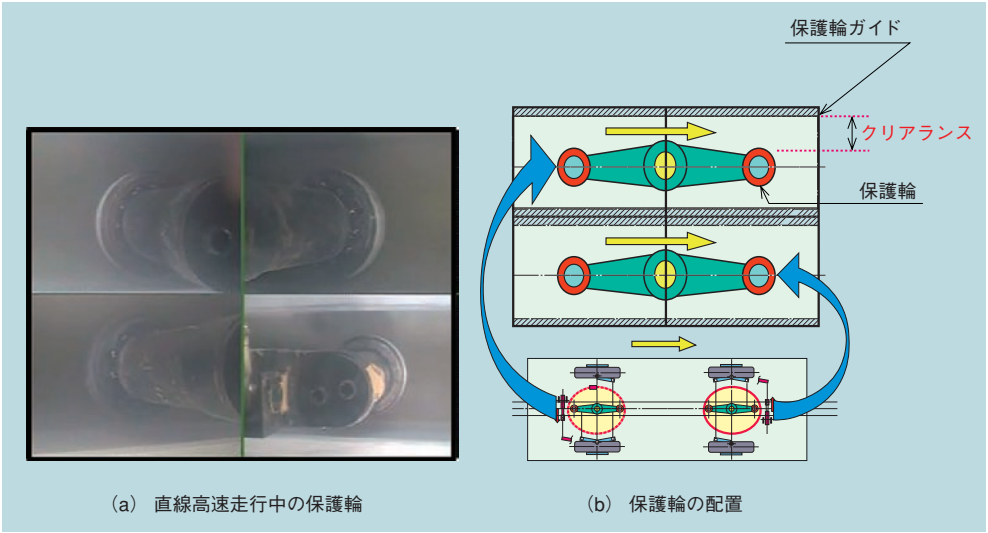


図６　(a) 直線高速走行中の保護輪，(b) 保護輪の配置

図７　小曲線走行中の保護輪

図８　小曲線走行中の車内からの風景

6. ま　と　め

“人と環境にやさしく，コンパクトで建設しやすいAPM”をコンセプトに，従来にない新しい，軌道コンパクト・省エネ型新交通システムの開発に取組んできた．自動ステアリング・バッテリ駆動APMは，そのような発想に合致する魅力的な都市交通システムである．所内試験において実用運行レベルでの走行試験を達成し，今後は早期にお客様にお届けできることを願う次第である．

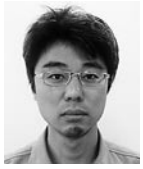
最後に，本自動ステアリング・バッテリ駆動APMの開発において，ご指導ご協力をいただいた関係各方面の方々に深く感謝の意を表します．

小川浩

星光明

山口正博

河野浩幸


森田克明

三竹雅也