

持続可能社会の構築に向けた 移動体用電動力応用システムの技術動向

移動体用電動力応用の総合技術調査専門委員会編

目		次	
1.	はじめに	03	
1.1	まえがき	03	
1.2	各移動体用電動力応用システムの特徴	03	
2.	鉄道用電動力応用システムの技術動向	05	
2.1	はじめに	05	
2.2	鉄道車両用電動力応用システムの要素技術	05	
2.3	要素技術の実現のための固有技術と その動向	07	
2.4	自動車の電動力応用システムとの比較	12	
2.5	おわりに	13	
3.	建機用電動力応用システムの技術動向	15	
3.1	はじめに	15	
3.2	ハイブリッド油圧ショベルの各社特徴と 動向	18	
3.3	各社のハイブリッドシステム	18	
3.4	ハイブリッド油圧ショベルに見る要素 技術動向	22	
3.5	今後の展望	24	
4.	航空機用電動力応用システムの技術動向	26	
4.1	はじめに	26	
4.2	MEA の概要と利点	26	
4.3	MEA を支える要素技術	27	
4.4	全電動化システムの要素技術	29	
4.5	電動化航空機	32	
4.6	まとめ	35	
5.	船舶用電動力応用システムの技術動向	36	
5.1	はじめに	36	
5.2	船舶推進システム固有の特徴と課題	36	
5.3	商船の電気推進化の現状と要求	37	
5.4	要求技術	39	
5.5	おわりに	42	
6.	自動車用電動力応用システムの技術動向	44	
6.1	はじめに	44	
6.2	自動車用電動力応用システムへの要求 機能・性能	44	
6.3	自動車用電動力応用システムの技術動向 I	45	
6.4	自動車用電動力応用システムの技術動向 II ハイブリッド車用重希土類フリーモータ の磁気形状に対応した NVH 低減技術	51	
6.5	新型ハイブリッドパワートレイン “e-POWER” の開発	56	
6.6	三菱自動車工業 EV・PHEV 駆動用モータ システムの主機と補機	59	
6.7	自動車補機モータ	65	
6.8	おわりに	71	
7.	おわりに	73	

移動体用電動力応用の総合技術調査専門委員会委員

委員長	小坂 卓(名古屋工業大学)	委員	真田 雅之(大阪府立大学)
幹事	有田 秀哲(三菱電機)		嶋田 明吉(本田技術研究所)
幹事	加納 善明(大同大学)		竹本 真紹(北海道大学)
幹事補佐	田嶋 元紀(名古屋工業大学)		竹本 佳朗(アスモ)
委員	赤津 観(芝浦工業大学)		千葉 貞一郎(小松製作所)
	足利 正(明電舎)		道木 慎二(名古屋大学)
	阿部 貴志(長崎大学)		西村 博史(豊田自動織機)
	新政 憲(TDK)		藤網 雅己(デンソー)
	石丸 英児(三菱自動車工業)		藤本 博志(東京大学)
	稲山 博英(ジェイテクト)		北条 善久(東洋電機製造)
	大竹 新一(アイシン・エイ・ダブリュ)		前村 明彦(安川電機)
	加藤 崇(日産自動車)		松延 豊(日立オートモティブシステムズ)
	木船 弘康(東京海洋大学)		松本 博幸(テクニカルサポート)
	木村 好孝(ケーヒン)		水谷 良治(トヨタ自動車)
	久保田 晃弘(多摩川精機)		持田 敏治(富士電機)
	近藤 稔(鉄道総合技術研究所)		山下 幸生(三菱重工業)
	堺 和人(東洋大学)		渡辺 直樹(信越化学工業)

1. はじめに

1.1 まえがき

エネルギーの多様化による化石燃料など資源枯渇問題への対応や低炭素社会実現など持続可能社会の構築に向けて、様々な分野で日夜取り組みが続けられている。国内の自動車産業では、モータ・発電機など電動力を応用したシステム（以降、電動力応用システムと呼称）を採用したハイブリッド車（HEV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）、電気自動車（EV）、燃料電池自動車（FCV）の実用化が加速的に進められている。自動車は乗物、換言すれば移動体の1種であり、その構成システム・部品には、限られた積載スペースおよび厳しい動作環境での安定かつ信頼性の高い動作が要求される。モータ・発電機はもとより、それらを有機的に結合させるパワーエレクトロニクスやギヤなど機械部品は多点数に及び、その性能は飛躍的に向上し、我が国は世界の自動車用電動力応用システム技術をリードしている。他方、移動体をキーワードとすれば、鉄道・建機・船舶・航空機などがあり、自動車と類似あるいは異なる環境条件を持つものの、それぞれの分野で使用される電動力応用システム技術もまた世界的に高い水準にある。

上記の背景の下、我が国における移動体用電動力応用システム技術の優位性を確保しつつ、一層の低価格化による競争力の向上に資することを目的に、自動車技術委員会の傘下にて、平成27年1月～平成29年6月の2年間半に渡り、「移動体用電動力応用システムの総合技術」調査専門委員会を設置して調査活動を進めてきた。本技術報告では、鉄道・建機・船舶・航空機など移動体用電動力応用システムの固有の特徴、それに対応したシステム構成、それらを実現するための要素技術と支援固有技術について、国内外の最新技術動向調査をベースに紹介する。自動車以外の移動体を俯瞰した上で、自動車用電動力応用システム技術の最新動向を紹介する。

1.2 各移動体用電動力応用システムの特徴

1.2.1 鉄道車両用

鉄道車両用電動力応用システムは要求される加速性能、均衡速度、走行可能な勾配などの観点から、図1.1の速度引張力特性に基づいて設計検討される。低速域は乗り心地を考慮した上限加速度の制約やパワーデバイスの電流容量の制約によるトルク制約がある。中速域は架線の電流制約やインバータ等の機器容量制約から電力が制限される。高速域では架線電圧等に起因する最大電圧制約の下、電動機の特長（IMの停動トルク等）によって高速域のトルクが制限される⁽¹⁾。架線に起因した制約をバッテリーやパワーデバイスなどの制約と読み替えれば、自動車用電動力応用システムのシステム要件・制約と類似したものと考えることができる。一方で、

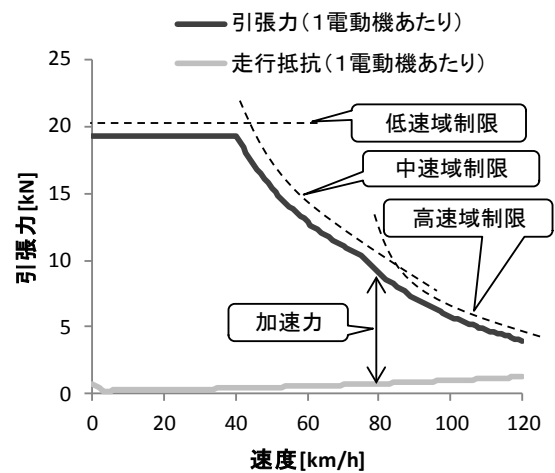


図 1.1 速度引張力特性

Fig. 1.1 Speed vs. traction characteristic.

出典：近藤稔，北条善久，持田敏治，堺和人，真田雅之：「鉄道車両用電動力応用システムの技術」平成29年電気学会産業応用部門大会，4-S10-2 (2017)

- ①鉄道は決められた軌道（レール）上で決められたスケジュール・パターンで運行されること、
- ②多くの場合20年以上使用されることを前提とした保守性・長期耐久性が重要なこと⁽²⁾

から鉄道車両用電動力応用システムは特徴付けられ、これらに応じてシステム構成、必要な要素技術や支援固有技術が発展してきている。

1.2.2 建設機械用

建設機械の中でも電動力応用システムの導入が進んでいるのは、全世界的に機種別販売台数の最も多い中型油圧ショベルである⁽³⁾。持続可能社会の構築に根ざした企業イメージの向上に加え、燃費低減による燃料費削減や瞬時パワー増大による作業効率の向上などユーザーの経済的要求が背景にある。最小限の搭載モータ数で燃費低減効果を最大にするため、油圧ショベルのアクチュエータの中でも大きな回生量が望めて、かつ機構上も置き換えが容易な点から、各社ともに旋回装置限定の電動化が基本思想となっている。この下で、

- ①旋回慣性エネルギーの回生
- ②エンジン運転の最適化
- ③油圧系動力損失の低減
- ④従来油圧機との互換性（操作性と作業性能）
- ⑤低燃費とコストのバランス

などの観点から、その電動力応用システムは特徴付けられるが、各社で重点訴求ポイントが異なり、結果、各社各様のシステム構成、必要な要素技術や支援固有技術が発展してきている点が興味深い。